



Science

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ  
ПРИКЛАДНЫХ НАУК И ТЕХНОЛОГИЙ

# INTEGRAL

INTERNATIONAL JOURNAL  
OF APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY

4

2023



Международный журнал прикладных  
наук и технологий «Integral»  
сетевой журнал  
СВИДЕТЕЛЬСТВО о регистрации  
средства массовой информации Эл №  
ФС77-74090

Международный стандартный  
серийный номер **ISSN 2658-3569**

Публикации в журнале  
размещаются в системе Российского  
индекса научного цитирования (**РИНЦ**)

Издатель ООО «Электронная  
наука»

**Главный редактор:** Фомин  
Александр Анатольевич, к.э.н.,  
профессор кафедры экономической  
теории и менеджмента  
Государственного

университета по землеустройству

**Заместитель главного  
редактора:** Казёнова Т.

**Редактор выпуска:** Якушкина Г.

**Редакторы:** Михайлина Е.,  
Цинцадзе Е.

105064, г. Москва, ул. Казакова, д.  
10/2, (495)543-65-62, [info@mshj.ru](mailto:info@mshj.ru)

International journal of applied sciences  
and technologies «Integral» online journal  
CERTIFICATE of registration media  
Al № FS77-74090

International standard serial number  
**ISSN 2658-3569**

Publication in the journal placed in  
the system of Russian index of scientific  
citing

Publisher «E-science Ltd»

**Editor in chief:** Fomin Alexander  
Anatolievich, candidate of Economics,  
Professor of Department of economic  
theory and management State University  
of land management

**Deputy editor-in-chief:** Kazenova T.

**Editor:** Yakushkina G.

**Editors:** Mikhaylina E., Udalova E.

105064, Moscow, Kazakova str.,  
10/2, (495)543-65-62, [info@mshj.ru](mailto:info@mshj.ru)

**Редакционная коллегия**

**Шаповалов Дмитрий Анатольевич** - председатель редакционного совета, д.т.н., проректор по научной и инновационной деятельности Государственного университета по землеустройству

**Ведешин Леонид Александрович** - д.т.н., главный научный сотрудник ИКИ РАН

**Балоян Бабкен Мушегович** - д.т.н., профессор, Университет «ДУБНА»

**Щербина Анна Анатольевна** - д.х.н. РХТУ им. Д.И. Менделеева

**Хаустов Александр Петрович** - д.г.-м.н., профессор РУДН

**Sun Ping** - professor, Northeastern University, Shenyang, China

**Папаскири Т.В.** - д.э.н., к.с.-х.н., декан факультета землеустройства, доцент кафедры землеустройства Государственного университета по землеустройству

**Печенкин Игорь Гертрудович** - доктор геолого-минералогических наук, профессор Государственного университета по землеустройству, заместитель генерального директора по научно-информационной деятельности Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья имени Н. М. Федоровского

**Широкова Вера Александровна** - доктор географических наук, заведующая отделом истории наук о Земле Института истории науки и техники имени С.И. Вавилова РАН, профессор кафедры почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству

**Каракотов Салис Добаевич** - Академик РАН, доктор химических наук, генеральный директор компании «Щёлково Агрохим»

**Фомин Александр Анатольевич** - к.э.н., профессор, руководитель совета по научному обеспечению АПК при аграрном комитете Государственной Думы ФС РФ

**Бунин Михаил Станиславович** - директор Центральной научной

сельскохозяйственной библиотеки, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Горбунов Владимир Сергеевич** — к.э.н., доцент, Государственный университет по землеустройству

**Ефремова Лариса Борисовна** — к.э.н., доцент кафедры экономической теории и менеджмента Государственного университета по землеустройству

**Савченко П.П.** — руководитель, профессор международного научно-

исследовательского центра медицины и вещества «Intersuccess», Киев, Украина, доктор философии, академик Украинской Академии Наук, почетный профессор Университета «Львовский Ставропигион»

### Editorial board

**Dmitry Shapovalov** - Chairman of the editorial Board, doctor of technical Sciences, Vicerector for research and innovation of the State University of land management

**Leonid Vedeshin** - doctor of technical Sciences, chief researcher of IKI RAS

**Baloyan Babken Mushegovich** - doctor of technical Sciences, Professor, Dubna University»

**Shcherbina Anna A.** - DSC rkhtu im. D. I. Mendeleev

**Khaustov Alexander Petrovich** - doctor of geological-mineralogical Sciences, Professor PFUR

**Sun Ping** - professor, Northeastern University, Shenyang, China

**Papaskiri T. V.** - doctor of Economics, Ph. D., Dean of the faculty of land management, associate Professor of the Department of land management of the State University of land management

**Pechenkin Igor Gertrudovich** - doctor of geological and mineralogical Sciences, Professor of the State University of land management, Deputy Director General for research and information activities of the all-Russian research Institute of mineral resources named after N. M. Fedorovsky

**Shirokova Vera Aleksandrovna** - doctor of geographical Sciences, head of the Department of history of earth Sciences of the Institute of history of science and technology named after S. I. Vavilov RAS, Professor of the Department of soil science, ecology and nature management of the State University of land management

**Karakotov SALIS Debevic** - Academician of RAS, doctor of chemical Sciences, General Director of the company "Schelkovo Agrokhim»

**Fomin Alexander** - Ph. D., Professor, head of the Council for scientific support of agriculture at the agrarian Committee of the State Duma of the Russian Federation

**Bunin Mikhail Stanislavovich** - Director of the Central scientific agricultural library, doctor of agricultural Sciences, Professor

**Gorbunov Vladimir Sergeyeovich Gorbunov** - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, State University of Land Management

**Efremova Larisa Borisovna Efremova** - Candidate of Science (Economics), Associate Professor of the Department of Economic Theory and Management of the State University of Land Management

**P.P. Savchenko** - Head, Professor of the International Research Center for Medicine and Substances "Intersuccess", Kiev, Ukraine, Doctor of Philosophy, Academician of the Ukrainian Academy of Sciences, Honorary Professor of the University "Lviv Stavropigion

## СОДЕРЖАНИЕ

Власов В.С., Чижаткина Е.Д. Опыт разработки рулевой системы гоночного болида класса formula student.....	1133
Рудковская И. О. Экономические аспекты обеспечения безопасного спуска пилотируемого космического аппарата.....	1140
Рудковский А. М. Экономическое значение повышения точности геопространственных данных в зонах мониторинга и управления движением воздушных судов.....	1155
Власов В.С., Чижаткина Е.Д. Определение продольного и поперечного коэффициента сцепления гоночной шины.....	1768
Акпасов А.П., Кулявцева А.А. Аналитический обзор устройств мониторинга метеоданных в сельскохозяйственном производстве.....	1175
Кадычegov А. Н., Томов П.Р. Изучение некоторых факторов адаптивности гречихи обыкновенной в условиях Республики Хакасия.....	1186
Бухарев А. А., Крайнова М. С., Дряпак В. И., Арсюхина Н. А. Генерация турбулентности в бризовой циркуляции.....	1196
Рыбкина А.М., Кравцова М.А., Беляева К.А., Жлоба Я.С., Сергеев И.В., Шатров И.О. Применение современных технологических решений для создания виртуальных моделей реального мира.....	1208
Орехов С. Ю. История формирования и развития транспортной системы древних городов.....	1216
Наумова Т.Е. Электромагнитный импульс как угроза системе оповещения и предупреждения..	1231
Назаров Д.М., Назаров А.Д. Анализ семантики понятий экономическая безопасность и информационная безопасность в цифровой экономике.....	1239
Леонова А.Н., Леонова Е.М. К вопросу об использовании типовой проектной документации и типовых проектных решений при создании (реконструкции) систем оповещения населения....	1249
Москвина Н.В. Государственно-частное партнерство в сфере применения цифровых технологий для организации защиты населения и территорий от ЧС в Арктической зоне.....	1259
Стахеева А.А., Крайников А.Н., Вяткин Д.А. Распознавание дорожных знаков с использованием сверточной нейронной сети.....	1277
Стахеева А.А., Вяткин Д.А. Распознавание дорожной разметки с помощью компьютерного зрения.....	1301
Наумова Т.Е. Эффективность использования карт при оповещении о риске чрезвычайной ситуации.....	1323
Марк М. А., Савиных А. А., Грициенко Г. В., Погорелов М. А., Скрыпкин К. А., Юрьев В. А. Оценка вреда пакетов из биоразлагаемых полимеров для окружающей среды.....	1333



Научная статья

Original article

УДК 62-515



**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ РУЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ГОНОЧНОГО БОЛИДА  
КЛАССА FORMULA STUDENT  
EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF THE STEERING SYSTEM  
OF A FORMULA STUDENT RACING CAR**

**Власов Владимир Сергеевич**, студент, 1 курс, направление «Машиностроение», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

**Чижаткина Екатерина Дмитриевна**, Преподаватель кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

**Vladimir Vlasov**, 1<sup>st</sup> year master student, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University

**Ekaterina Chizhatkina**, faculty advisor, teacher, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University,

**Аннотация**

В данной статье рассматриваются показатели управляемости и маневренности гоночных болидов класса Formula Student. Рассмотрены основные факторы, влияющие на поведение автомобиля во время движения. Определены основные требования к рулевой системе на этапе проектирования

и конечной сборки гоночного автомобиля. Показан метод выбора основной геометрии и кинематики рулевой системы гоночного болида. Представлена схема прохождения стандартной трассы соревнований Formula Student, где отображены идеальные углы поворота управляемых колес при 100% угле Аккермана. Показан отчет кинематического расчета подвески гоночного болида с необходимым углом Аккермана с учетом углов увода. Даны основные рекомендации по проектированию и проверке качества сборки рулевой системы гоночного болида. Кроме того, представлены формулы для расчета момента сопротивления вращения управляемых колес автомобиля, а также для расчета максимальной силы, возникающей на рулевой рейке.

### Summary

This article discusses the indicators of handling and maneuverability of racing cars of the Formula Student class. The main factors influencing the behavior of the car while driving are considered. The basic requirements for the steering system at the stage of design and final assembly of a racing car are determined. A method for selecting the basic geometry and kinematics of the steering system of a racing car is shown. A diagram of the passage of a standard Formula Student competition course is presented, which displays the ideal angles of rotation of the steered wheels at 100% Ackermann angle. The report of the kinematic calculation of the suspension of a racing car with the required Ackermann angle, taking into account the slip angles, is shown. The main recommendations for the design and quality control of the assembly of the steering system of a racing car are given. In addition, formulas are presented for calculating the moment of resistance to rotation of the steered wheels of a car, as well as for calculating the maximum force that occurs on the steering rack.

**Ключевые слова:** гоночный болид, Formula Student, рулевая система, управляемость, угол Аккермана

**Keywords:** racing car, Formula Student, steering system, handling, Ackermann angle

Одной из лучших инженерных школ для студентов является проект Formula Student, цель которого – выпуск из высших учебных заведений высококлассных специалистов, которые уже имеют опыт в разработке и постройке настоящего гоночного болида. Проект является многогранным и позволяет получить огромную базу теоретических знаний и практических навыков. Кроме того, в рамках проекта у студентов есть возможность делиться и перенимать опыт команд из других городов, регионов и даже стран. Таким образом, в течение года команда студентов проходит полный производственный цикл в ходе выполнения задачи построить гоночный болид, который сможет получить высшие баллы на динамических испытаниях инженерно-спортивных соревнований Formula Student.

Для того чтобы гоночный болид мог показывать хорошую динамику на трассах соревнований, необходима глубокая проработка каждого узла. Так, например, рулевая система гоночного автомобиля является одним из важнейших элементов. Именно рулевая система осуществляет связь пилота с дорожным покрытием. Поэтому к рулевой системе гоночного автомобиля предъявляются требования при разработке, такие как:

- отзывчивость управления,
- обратная связь от дорожного полотна (чувствительность руля),
- рулевое управление не должно быть чрезмерно тяжелым.

Рулевое управление является отзывчивым, когда пилот чувствует нейтральную управляемость во время движения. Все гоночные болиды класса Formula Student – заднемоторные с приводом на заднюю ось, а, следовательно, предрасположены к чрезмерной поворачиваемости. Именно поэтому кинематика подвески и рулевого управления изначально разрабатываются с определенной долей недостаточной поворачиваемости для подавления чрезмерной за счет угла Аккермана, а также подруливания (изменения схождения) при работе подвески [1]. На рисунке 1 имитация работы



расчетного угла Аккермана при прохождении стандартной регламентированной трассы соревнований Formula Student.

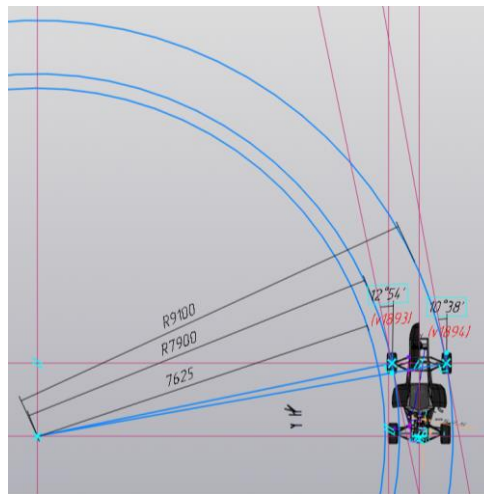


Рисунок 1 – Схема прохождения регламентированной трассы соревнований Formula Student

На рисунке 2 представлен отчет кинематики рулевой системы болида, спроектированной с учетом углов увода используемых шин [6]. Во время поворота с боковым ускорением в 1 g (среднее ускорение болидов на данной трассе) на внутреннем колесе будет возникать угол увода в 0,5 градусов, а на внешнем колесе угол увода в 1,2 градуса.

FRONT SUSPENSION		STEERING TRAVEL					
TYPE 14 Double Wishbone, Push Rod to damper							
INCREMENTAL GEOMETRY VALUES							
RACK TRAVEL (mm)	TOE ANGLE RHS (deg)	TOE ANGLE LHS (deg)	CAMBER ANGLE RHS (deg)	CAMBER ANGLE LHS (deg)	ACKERMANN (%)	TURNING CIRCLE RADIUS (mm)	
-35.00	23.77	-32.47	-1.91	1.04	88.60	2958.53	
-34.00	23.10	-31.06	-1.90	0.89	86.56	3083.23	
-33.00	22.44	-29.73	-1.88	0.76	84.73	3212.30	
-32.00	21.78	-28.45	-1.86	0.64	83.10	3348.31	
-31.00	21.12	-27.22	-1.85	0.53	81.62	3490.28	
-30.00	20.46	-26.05	-1.83	0.43	80.28	3639.88	
-29.00	19.80	-24.91	-1.81	0.33	79.05	3797.45	
-28.00	19.13	-23.81	-1.80	0.25	77.93	3964.64	
-27.00	18.47	-22.74	-1.78	0.16	76.90	4142.43	
-26.00	17.81	-21.70	-1.76	0.08	75.95	4332.15	
-25.00	17.14	-20.68	-1.74	0.01	75.08	4535.34	
-24.00	16.48	-19.69	-1.72	-0.06	74.27	4753.77	
-23.00	15.82	-18.73	-1.71	-0.13	73.52	4989.52	
-22.00	15.15	-17.78	-1.69	-0.19	72.83	5245.03	
-21.00	14.48	-16.85	-1.67	-0.26	72.19	5523.18	
-20.00	13.82	-15.94	-1.65	-0.31	71.59	5827.44	
-19.00	13.15	-15.04	-1.63	-0.37	71.04	6162.00	
-18.00	12.49	-14.15	-1.60	-0.42	70.54	6531.35	
-17.00	11.80	-13.23	-1.58	-0.48	70.07	6943.60	
-16.00	11.13	-12.44	-1.56	-0.53	69.63	7404.81	
-15.00	10.46	-11.59	-1.54	-0.58	69.23	7925.56	
-14.00	9.78	-10.76	-1.52	-0.62	68.87	8518.63	
-13.00	9.10	-9.94	-1.49	-0.67	68.53	9200.77	
-12.00	8.42	-9.13	-1.47	-0.71	68.23	9994.30	
-11.00	7.73	-8.33	-1.45	-0.75	67.95	10929.62	
-10.00	7.05	-7.54	-1.42	-0.79	67.70	12049.31	
-9.00	6.36	-6.75	-1.40	-0.83	67.48	13414.89	
-8.00	5.66	-5.98	-1.37	-0.87	67.28	15118.59	
-7.00	4.97	-5.21	-1.35	-0.91	67.11	17305.36	
-6.00	4.27	-4.44	-1.32	-0.95	66.96	20216.77	
-5.00	3.57	-3.69	-1.29	-0.98	66.83	24287.67	
-4.00	2.86	-2.94	-1.26	-1.02	66.73	30387.70	
-3.00	2.15	-2.20	-1.24	-1.05	66.65	40546.04	
-2.00	1.44	-1.46	-1.21	-1.08	66.60	60850.20	
-1.00	0.72	-0.73	-1.18	-1.11	66.56	121737.74	
0.00	0.00	0.00	-1.15	-1.15	66.60	0.00	

Рисунок 2 – Отчет кинематики рулевой системы гоночного болида

Для того чтобы пилот мог чувствовать обратную связь от дорожного полотна, и чтобы обратная связь была достоверной и не вводила в заблуждение пилота, механика рулевого вала с карданной передачей должна соответствовать требованиям:

- угол работы кардана не должен превышать 35 градусов,
- фазовый угол установки карданов не должен превышать 5 градусов,
- общий люфт рулевой системы не должен превышать 5 градусов [3],
- колебательный момент не должен превышать 20 процентов [2].

Кроме того, для того чтобы пилот чувствовал влияние каждого своего движения на поведение автомобиля, необходимо, чтобы усилие на рулевом колесе было значительным [5]. Однако, если усилие слишком большое, то пилоту становится некомфортно управлять автомобилем, он начнет уставать и замедляться. Именно поэтому, изначально, на этапе проектирования необходимо правильно рассчитать нагрузку на переднюю ось и при помощи кинематических углов подвески, а также плеч приложения сил задать необходимые параметры [4]. Рассчитать основной момент сопротивления поворота управляемых колес можно по формуле 1.

$$Mr = \frac{f\sqrt{G^3/P}}{3} \quad (1)$$

- где  $Mr$  – момент сопротивления вращения управляемых колес, Нмм;  
 $f$  – коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием,  $f = 0,8$ ;  
 $G$  – нагрузка на переднюю(управляемую) ось, Н;  
 $P$  – давление в шинах, КПа.

Максимальную силу, которую необходимо приложить для приведения в движение рулевой рейки, можно рассчитать по формуле 2.

$$F = fr \times Mr \times \cos\gamma / (L \times \sin\beta)$$

(2)

где  $F$  – Максимальная сила на рулевой рейке, Н;

$fr$  – коэффициент фактора безопасности для рулевой системы,  $fr = 1,8$ ;

$\gamma$  – угол между рулевой тягой и рулевой рейкой, град;

$L$  – длина трапецеидального плеча, мм;

$\beta$  – угол между трапецеидальным плечом и рулевой тягой, град.

### Литература

1. Горелов В.А., Косицын Б.Б. Разработка комплексной системы управления движением спортивного автомобиля класса «Формула Студент» по заданной трассе // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2016. С. 45–55.
2. Емельянов С.Р. Колебания рулевого управления автомобиля // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2009. С. 1–4
3. Ладин Р.А., Данилов А.М. ПАРАМЕТРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЮФТА В РУЛЕВОМ УПРАВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЯ // Вестник магистратуры. 2013. С. 17–20
4. Маркина А.А., Чепкасов С.Н., Бережная М.А. Разработка комплексной системы управления движением спортивного автомобиля класса «Формула Студент» по заданной трассе // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2019. С. 1–12
5. Свинов В.В. Моделирование динамики рулевого управления автомобиля // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2008. С. 110–111

6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. С. 356–387.

#### Literature

1. Gorelov V.A., Kositsyn B.B. Development of an integrated system for controlling the movement of a sports car of the Formula Student class along a given track // Izvestiya of higher educational institutions. Engineering. 2016, pp. 45–55.
2. Emelyanov S.R. Vibrations of the steering of the car // Proceedings of the Moscow State Technical University MAMI. 2009, pp. 1–4
3. Ladin R.A., Danilov A.M. PARAMETERS OF THE DISTRIBUTION OF THE PLAY IN THE STEERING OF THE VEHICLE // Bulletin of the Magistracy. 2013, pp. 17–20
4. Markina A.A., Chepkasov S.N., Berezhnaya M.A. Development of an integrated system for controlling the movement of a Formula Student sports car along a given track // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. 2019. S. 1–12
5. Svinov V.V. Modeling the dynamics of the steering of a car // New information technologies in automated systems. 2008, pp. 110–111
6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. pp. 356–387.

© Власов В.С., Чижаткина Е.Д., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

**Для цитирования:** Власов В.С., Чижаткина Е.Д. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ РУЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ГОНОЧНОГО БОЛИДА КЛАССА FORMULA STUDENT// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 656.61.052

DOI 10.55186/27131424\_2023\_5\_4\_1



**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО  
СПУСКА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА  
ECONOMIC ASPECTS OF ENSURING THE SAFE DESCENT OF A  
MANNED SPACECRAFT**

**Рудковская Ирина Олеговна**, исследователь, ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет) (125310 Россия, г. Москва, ул. Волоколамское шоссе, д. 4), тел. +7(495)522-74-30, rudkovskaya@mai.ru

**Irina O. Rudkovskaya**, researcher, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamsk Highway st., Moscow, 125310 Russia), tel. +7(495)522-74-30, rudkovskaya@mai.ru

**Аннотация.** На первом этапе космонавтики, при начальном рассеивании расчетных точек посадки на уровне сотен километров, задача посадки пилотируемых космических аппаратов решалась за счет масштабов степных просторов зон посадки в Поволжье и Казахстане. В тот период не ставилась задача высокоточной посадки пилотируемых КА при безусловном наличии просторных территорий для этого. Для посадки КА типа “Союз” до сих пор используют полигон в Казахстане с размерами 10\*27 градусов по широте и

долготе. Посадка осуществлялась в течение (3 - 4)-х витках ежесуточно. Однако, теперь использование указанных районов для выполнения посадки пилотируемых КА затрудняется обстоятельствами, указанными ниже: Возросла плотность населения и промышленности в регионе посадки, что делает невозможным использование площадей без опасности для населения; После объявления независимости Республики Казахстан полигон разделился на две части в двух государствах, что усложнило организацию поисковых работ. Полигон посадки КА имеет ширину по направлению трассы полета на уровне 65 км. Конкретное место посадки определяется моментом переворота спускаемого аппарата (СА), исходя из величины его скорости, которая является базовой информацией для системы посадки. Отсюда понятно, что повышение точности посадки КА определяется алгоритмом формирования команды на изменение режима полёта, его адаптацией к параметрам спускаемого аппарата (СА), его аэродинамическому качеству и динамическими свойствами средств измерения параметров полета в реальном времени. Расчетная точка соответствует координатам центра масс СА на высоте ввода ПС. Координаты расчетной точки приземления однозначно определяются моментом включения тормозного двигателя и направлением выполняемого маневра на торможение. Разброс координат точки приземления зависит от дискретности порогов срабатывания системы посадки по скорости и координатам СА, и составляет в настоящий момент величины на уровне 1.6 км по дальности, и до 4.5 км по боковому смещению.

**Abstract.** At the first stage of cosmonautics, with the initial scattering of estimated landing points at the level of hundreds of kilometers, the task of landing manned spacecraft was solved due to the scale of the steppe expanses of landing zones in the Volga region and Kazakhstan. At that time, the task of high-precision landing of manned spacecraft was not set with the unconditional availability of spacious territories for this. To land a Soyuz spacecraft, a landfill in Kazakhstan with dimensions of  $10 \times 27$  degrees in latitude and longitude is still used. The landing



was carried out during (3 - 4) turns every day. However, now the use of these areas for landing manned spacecraft is hampered by the circumstances listed below: The density of population and industry in the planting region has increased, which makes it impossible to use the areas without danger to the population; After the declaration of independence of the Republic of Kazakhstan, the landfill was divided into two parts in two states, which complicated the organization of search operations. The landing site of the spacecraft has a width in the direction of the flight path at the level of 65 km. The specific landing site is determined by the moment of the descent vehicle (SA) flip, based on the magnitude of its speed, which is the basic information for the landing system. Hence, it is clear that the increase in the accuracy of the spacecraft landing is determined by the algorithm for forming a command to change the flight mode, its adaptation to the parameters of the descent vehicle (SA), its aerodynamic quality and the dynamic properties of the means of measuring flight parameters in real time. The calculated point corresponds to the coordinates of the center of mass of the CA at the height of the input PS. The coordinates of the calculated landing point are uniquely determined by the moment of switching on the braking engine and the direction of the braking maneuver being performed. The spread of the coordinates of the landing point depends on the discreteness of the thresholds of the landing system in terms of speed and coordinates of the CA, and currently amounts to values at the level of 1.6 km in range, and up to 4.5 km in lateral displacement.

**Ключевые слова:** *система посадки, боковое смещение, координаты, дискретность порогов, торможение*

**Keywords:** *landing system, lateral displacement, coordinates, discreteness of thresholds, braking*

Анализ надежности составных частей КА является одним из основных вопросов создания космической техники, и проводится на всех этапах разработки оборудования КА.

Однако, экстремальные условия эксплуатации, и множество влияющих факторов в условиях удалённого обслуживания, ограничивают гарантированный ресурс оборудования КА на орбите, и требуют специальных знаний для выживания экипажа при наступлении неисправности [2].

Вероятность безотказной работы (ВБР) оборудования КА в течение заданного интервала времени является основным параметром надёжности бортовых систем.

Данная вероятность всегда конечна, и поэтому отказы техники на борту КА рассматриваются как одна из причин вмешательства экипажа.

В зависимости от назначения, ремонтпригодности, а также от режима работы составных частей КА, как и самого КА – выбирается тот или иной алгоритм поведения экипажа при наступлении неисправности.

Управляемый безопасный спуск с орбиты является одним из способов борьбы с отказами бортовой техники [5].

В состав КА включают, как правило, неремонтируемое оборудование, для которого основной эксплуатационно-технической характеристикой является безотказность.

Внезапные отказы наиболее опасны, и резервирование оборудования позволяет снизить влияние такого события на безопасность экипажа.

На практике элемент может быть подвержен не только внезапным, но и постепенным отказам с накоплением дефектов даже на стабилизированном участке работы. В этом случае у экипажа появляется время для принятия решения, и в частности – о проведении безопасного спуска корабля с орбиты [10].

Космический аппарат является сложной технической системой, обладающей структурной избыточностью бортовых систем в интересах повышения их надёжности [13].

Специфическим внешним влияющим фактором на работу бортового оборудования КА является космическая радиация, отсутствующая на земле.

Отказы и сбои в работе бортового электронного оборудования КА, обусловленные радиационным воздействием, делят на две группы:

Для минимизации вреда от отказа бортовых систем используют ряд организационных мероприятий на этапе проектирования и обслуживания, таких как:

- Обмен информацией с наземными службами в качестве контроля работоспособности;
- Раздельное электроснабжение бортовых систем;
- Сбор и хранение телеметрической информации для выявления дефектов;
- Управление работой КА с земли;
- Стабилизация теплового режима на борту;
- Стабилизация КА в пространстве как критерий функционирования бортовых систем и другие.

Тем не менее космические аварии происходят с начала освоения космоса в 50-х годах. Первые аварии с искусственными спутниками не затрагивали жизнь космонавтов.

Однако, с развитием пилотируемой космонавтики, случались и аварии с человеческими жертвами [4].

Первая «космическая» трагедия случилась на Земле. 23 марта 1961 г. Валентин Бондаренко проходил тренировку в барокамере. Сняв с себя медицинские датчики, обтёр места их установки спиртом. Кусок ваты, смоченный спиртом, попал на нагретые электропластины, вспыхнул, загорелась одежда космонавта. Дверь камеры долго не удавалось открыть [7]. Бондаренко получил сильные ожоги, от которых скончался через 8 часов.

В апреле 1967 г. при испытаниях нового космического корабля (КК) «Союз» погиб летчик-космонавт В. Комаров. При посадке (близ Орска) СА «Союза-1» разбился, космонавт В. Комаров погиб. При открытии основного купола парашюта в результате скручивания строп парашюта космический корабль снижался с большой скоростью, что явилось причиной гибели В.М. Комарова.

Таким образом, видим, что гибель космонавта произошла именно на этапе безопасного спуска с орбиты, и именно из-за отказа бортовой техники – парашюта в данном случае [11].

Есть и другие примеры отказов бортовой техники, которые приводили к гибели экипажей – например катастрофа шаттла «Колумбия», которая произошла 01 февраля 2003 года на завершении его 28-го полёта в результате разрушения тепловой защиты корабля на спуске с орбиты, из-за чего погиб экипаж из семи человек.

23 февраля 1997 года на станции «Мир» произошло возгорание кислородной шашки регенерации внутренней атмосферы. На станции находилось шесть человек. К станции было пристыковано два корабля «Союз-ТМ», что позволяло эвакуировать всех людей. Один из кораблей оказался отрезан очагом пламени. Экипаж надел противогазы против задымления [9]. Пожар возник из-за дефекта в кислородной шашке.

Пожар потушили, но длительное время потом космонавтам пришлось жить при температуре более +40 С, дышать ядовитыми парами этиленгликоля – это результаты пожара.

Кроме того, пришлось спасать станцию от разгерметизации, вызванной столкновением с грузовым кораблем «Прогресс» в режиме ручной стыковки. Чистый воздух на станции с экипажем в шесть человек вырабатывается из кислородных шашек, привезённых с Земли, которых нужно сжигать не менее трёх штук в день [3]. При поджигании очередной кислородной шашки возникло возгорание ткани мешка от этой шашки, которое распространилось на окружающее пространство.

Первое средство спасения – огнетушитель, а не безопасный спуск с орбиты. Спуск можно организовывать - когда пожар уже потушен. Таким образом спуск с орбиты не является средством спасения от пожара на борту КА, а лишь его следствием, если повезёт [8].

Во время пожара нагреваются металлические детали интерьера кабины, в результате чего могут возникать ожоги экипажа при тушении пожара. По утверждениям космонавтов: «Пожар в космосе это катастрофа и почти всегда смерть».

Инструкция по поведению экипажа в случае пожара обязывает подсчитывать оставшееся время. Но сколько будет времени на спасение вычислить заранее нельзя, остается только гадать. Воздух из кабины может стравиться за разное время, в зависимости от величины дырки, которая прогорит в стене станции. По стенам проложены электрические кабели в изоляции, которая выделяет вредные газы. Основной выход при пожаре на борту - перейти в другой корабль, если он есть, отстыковаться от горящей станции и – безопасный спуск на Землю. На станции огнетушители есть в каждом отсеке, но эффективность тушения зависит от многих факторов, включая состояние экипажа [14].

Противогазы тоже эффективны в условиях нарастающего задымления, как показано на рисунках 20 - 21. В противогазах гибель от удушья не грозит по крайней мере на ближайшие два часа в связи с расчетным ресурсом.

Больше всех на бортовом пожаре паниковал американец Джерри Линенджер, кричит - надо бежать в другой корабль и отстыковаться от станции. Осложнение состояло ещё в том, что во время начала пожара станция пролетала над Тихим океаном, и связи с наземной базой не было. Только через полчаса экипаж доложил на землю и получил инструкции [6]. Это тоже вопрос для размышления. Необходимо расширять сеть связи, используя другие государства, имеющие такие средства. В пределе экипаж мог погибнуть, так и не связавшись с землёй. Только через несколько дней дым на станции «Мир» полностью рассеялся и дышать стало безопасно, хотя запах гари ещё остался в очаге пожара.

Известен другой катастрофический случай, когда во время подготовки первого пилотируемого полета в космос по программе "Аполлон" 21 февраля 1967 года, на борту корабля случился пожар, и весь экипаж погиб. Пожар

произошел во время наземных испытаний на стартовом комплексе космического Центра имени Кеннеди. В огне погибли три астронавта США. На космических кораблях США использовалась атмосфера из чистого кислорода при пониженном давлении, что позволяло уменьшить нагрузки на корпус корабля от внутреннего давления, и тем самым облегчить его.

Когда в кабину начали подаваться чистый кислород - стали срабатывать датчики неполадок, которые сочли ложными. Огонь в кабине вспыхнул внезапно и неожиданно для всех участников испытаний, включая экипаж, полыхал всего 15 секунд и погас сам собой, но трое астронавтов погибли за столь короткое время. Пожар произошел в результате короткого замыкания электрической цепи в атмосфере кислорода, в котором горит практически все из интерьера кабины, показанной выше [12]. По результатам расследований пожарный эксперт НАСА David Urban сообщает, что пожар - самая катастрофическая ситуация, в которых может оказаться экипаж на борту КА. Таким образом, выполненное исследование показало, что безопасный спуск на землю является оптимальным путём спасения экипажа лишь при наличии запасного корабля куда можно перейти в случае пожара. В иных случаях, защита от пожара должна проводиться на этапе проектирования КА путем выбора лучшей изоляции для кабелей, негорючей облицовки, способов очищения воздуха и прочими техническими и организационными мероприятиями обеспечения априорной пожарной безопасности.

Актуальна также проблема обеспечения связи на всех этапах полёта и выдачи рекомендаций экипажу в экстремальных ситуациях.

Таким образом отказ бортовой техники КА можно рассматривать как основание для начала процедуры безопасного спуска с орбиты – при благоприятных обстоятельствах, когда есть время для принятия решения экипажем и подготовки наземных служб. В иных случаях, при внезапных отказах, процедура безопасного спуска нереализуема и помочь экипажу не может.



Внезапные отказы являются основной причиной катастроф в любой области техники, не исключая и космонавтику, и борьба с такими явлениями производится на этапе проектирования путем повышения надежности оборудования. При возникновении внезапного отказа набор мер спасения весьма ограничен.

В авиации и космонавтике принято считать разгерметизацией — потерю герметичности корпуса летательного аппарата, включая космический.

Разгерметизацию делят на штатную для выполнения технического обслуживания и ремонта техники, и аварийную — возникающую непредвиденно из-за технического дефекта или воздействия на корпус, как внутреннего, так и внешнего [15]. При аварийной разгерметизации возникает опасность для членов экипажа КА и пассажиров, если они есть на борту. В предельном случае, аварийная разгерметизация КА может привести к гибели экипажа и пассажиров. Понятно, что в данном исследовании представляет интерес аварийная разгерметизация, которая и рассмотрена ниже.

К причинам аварийной разгерметизации относят как производственные дефекты, так и человеческий фактор – действия экипажа в нашем случае КА на орбите. В космонавтике актуальна разгерметизация под воздействием попадания фрагментов космического мусора.

30 ноября 1971 года из-за произвольного срабатывания вентиляционного клапана произошла разгерметизация СА КА «Союз-11», в результате чего три члена экипажа погибли.

В ходе посадки корабля «Союз МС-02» при раскрытии парашюта деталь парашютной системы ударила по стенке парашютного контейнера, из-за чего там образовалась трещина размером 35 миллиметров, через которую началась утечка воздуха.

На низких высотах экипажу ничего не грозит даже при возникновении крупного отверстия в корпусе. Падение давления воздуха на МКС 30 августа 2018 года вызвало бурную реакцию сообщества. Разгерметизация произошла

после состыковки с КА "Союз МС-09". Космонавты сами заделали дыру в обшивке эпоксидом. Брак допустили при производстве, где в обшивке корабля "Союз" было намеренно сделано отверстие, которое на время испытаний заклеили клеем. Предварительной версией рассматривали попадание астероида, который повлѣк за собой разгерметизацию.

Данный случай показал важность проверочных процедур, проводимых на земле при подготовке запуска КА на орбиту. В данном случае штатные проверки не смогли на земле выявить наличие течи, что требует доработки методического обеспечения испытаний.

Любопытно, что утечку воздуха на борту станции заметили наземные специалисты в Хьюстоне во время сна экипажа, что мотивирует дальнейшее совершенствование удаленных методов диагностики состояния корабля. Экипаж станции по команде с земли использовал ремонтный комплект, и заделал эпоксидом дефект, из-за которого происходила утечка воздуха. Ситуация показывает, что скорость утечки воздуха в данном случае была достаточно мала для того, чтобы организовать безопасный спуск КА с орбиты при невозможности устранения дефекта своими силами на борту. В этом смысле оперативная готовность к спуску всегда должна быть в запасе у экипажа, и в случае возникновения разгерметизации [1].

Разгерметизация может происходить не только в кабине КА, но и в элементах топливной системы двигателя, что и привело к гибели американского космического корабля «Спейс-Шаттл» в 1986 году с полным экипажем на борту, который взорвался в воздухе после старта.

Разгерметизация элементов твердотопливного ускорителя в результате низкокачественной технологии – была названа официальной причиной катастрофы.

В этом случае ни о каком безопасном спуске не может быть и речи, так как дело закончилось взрывом корабля и мгновенной гибелью экипажа.

Выше отмечалось, что экипаж корабля «Союз-11» погиб при входе в атмосферу из-за декомпрессии в результате разгерметизации из-за преждевременного открытия вентиляционного клапана.

Это произошло в ходе безопасного спуска, так что сам процесс спуска, как видно, представляет опасность для экипажа.

Кессонная болезнь относится к профессиональным заболеваниям космонавтов.

Болезнь возникает из-за закупорки газовыми пузырьками кровеносных сосудов. Переход космонавта из скафандра в кабину КА сопровождается скачкообразным изменением внешнего давления на его тело, что приводит к изменениям состава крови, насыщению её газами, которые при определенных условиях могут создавать кавитацию в виде пузырьков в жидкой крови. Пузырьки могут также сдавливать ткани организма. Космонавт ощущает болезнь сразу после возвращения из открытого пространства в скафандре: появляется зуд кожных покровов, суставная и мышечная боли. При закупорке сосудов головного мозга, космонавт испытывает головокружение, закладывает уши, тошнит и рвет, наступают обмороки. Закупорка легочных сосудов приводит к резкому кашлю и боли в груди. По причине профессиональных заболеваний 90% космонавтов со службы, не дослужив до пенсии.

Американские исследователи выяснили, что в ходе космического полета только каждый шестой не пользовался лекарствами.

Наиболее распространенные симптомы - боли в мышцах и суставах, затем головные боли от концентрации углекислого газа, и из-за перемен в давлении. Часто у космонавтов возникают проблемы с кожей: сыпь, зуд, грибковые заболевания. Установлено, что после полугодового пребывания в космосе кожа космонавта становится на 20% тоньше. Бессоница - наиболее частое заболевание нервной системы космонавтов вызвана отсутствием привычной

смены дня и ночи на орбите, где действует другой ритм витков вокруг планеты. 60% космонавтов используют снотворное для засыпания.

Советскими и американскими учеными проведен эксперимент «Микробный обмен», направленный на исследование обмена микроорганизмами в условиях космического полета между членами экипажей разных кораблей.

Исследование показало, что количество микробов на теле космонавтов возрастает в полете в зависимости от его продолжительности. Больше всего микробов обнаружено на поверхностях стыковочного туннеля и примыкающих к нему.

Космическая медицина - это медицинская практика космонавтов в течение полета на КА. Основная цель данной науки состоит в выяснении пределов нахождения человека в экстремальных условиях космоса, а также условий адаптации к окружающей среде Земли после возвращения.

Исследование показывает, что космические заболевания носят нарастающий характер, изменяются медленно. Резких, внезапных изменений в состоянии здоровья у космонавтов на борту КА не обнаружено, что связано, видимо, с постоянным профессиональным мониторингом состояния космонавтов с земли. Космическая медицина исследует длительные путешествия в открытом пространстве, например моделируя условия полета на Марс. У астронавтов в космосе ослабляется иммунная система - вирусы, присутствующие в организме, становятся активными. Установлено, что земные микробы адаптируются к космической среде новыми способами, что приводит к увеличению их роста.

В результате ослабления иммунитета возрастает опасность заражения вирусными болезнями на орбите. Теряется равновесие, накапливается усталость, костная ткань теряет плотность во время космического полета. Теряется мышечная масса. Возникают проблемы со зрением, теряются умственные способности в виде развития болезни Альцгеймера. Радиационное поражение в космосе влияет на зрение космонавтов, и приводит к накоплению

общих повреждений организма быстрыми частицами космического излучения.

Таким образом исследование показало, что космические болезни не представляют такой опасности для экипажа, которая потребует организации безопасного спуска с орбиты. Можно летать спокойно.

### Литература

1. Леонов, А.А., Ситов, А.С. "Аварийные ситуации на стыковке космических аппаратов" // Космические исследования. - 2010.
2. Петров, Е.Н., Костин, В.В. "Анализ и моделирование процессов спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2015.
3. Сафронов, В.А., Кузнецов, А.В. "Обеспечение безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2012.
4. Черкасов, В.А. "Технические средства обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2018.
5. Ломоносов, В.В., Кирсанов, В.А. "Методы и средства обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2014.
6. Головин, В.И., Гусев, В.И. "Анализ и моделирование безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2013.
7. Зайцев, С.А., Лысак, С.В. "Технические средства и системы обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2016.
8. Иванов, Д.П., Михайлов, В.А. "Анализ и совершенствование системы безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2011.

9. Крылов, А.А., Макаров, В.П. "Обеспечение безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов в экстренных ситуациях" // Космическая наука и технология. - 2017.
10. Кузнецов, Д.А., Смирнов, Н.А. "Инженерные решения для безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2019.
11. Марков, А.В., Рыбалко, А.В. "Методы оптимизации безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2010.
12. Новиков, П.С., Сухоруков, Д.В. "Анализ и прогнозирование безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2015.
13. Орехов, Е.А., Тимофеев, А.С. "Системы обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2013.
14. Попов, А.В., Фомин, А.В. "Технические средства безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2012.
15. Сергеев, В.П., Шумилов, В.И. "Оптимизация систем безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2014.

### References

1. Leonov, A.A., Sitov, A.S. "Emergency situations at the docking of spacecraft" // Space research. - 2010.
2. Petrov, E.N., Kostin, V.V. "Analysis and modeling of manned spacecraft descent processes" // Space Science and Technology. - 2015.
3. Safronov, V.A., Kuznetsov, A.V. "Ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2012.



4. Cherkasov, V.A. "Technical means of ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2018.
5. Lomonosov, V.V., Kirsanov, V.A. "Methods and means of ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2014.
6. Golovin, V.I., Gusev, V.I. "Analysis and modeling of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2013.
7. Zaitsev, S.A., Lysak, S.V. "Technical means and systems for ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2016.
8. Ivanov, D.P., Mikhailov, V.A. "Analysis and improvement of the system of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2011.
9. Krylov, A.A., Makarov, V.P. "Ensuring the safe descent of manned spacecraft in emergency situations" // Space Science and Technology. - 2017.
10. Kuznetsov, D.A., Smirnov, N.A. "Engineering solutions for the safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2019.
11. Markov, A.V., Rybalko, A.V. "Methods of optimizing the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2010.
12. Novikov, P.S., Sukhorukov, D.V. "Analysis and forecasting of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2015.
13. Orekhov, E.A., Timofeev, A.S. "Systems for ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space Science and technology. - 2013.
14. Попов, А.В., Фомин, А.В. "Technical means of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2012.
15. Sergeev, V.P., Shumilov, V.I. "Optimization of systems for safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2014.

© Рудковская И. О., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*

**Для цитирования:** Рудковская И. О. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО СПУСКА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 656.61.052

DOI 10.55186/27131424\_2023\_5\_4\_2



**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ  
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЗОНАХ МОНИТОРИНГА И  
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ  
THE ECONOMIC IMPORTANCE OF IMPROVING THE ACCURACY OF  
GEOSPATIAL DATA IN AIRCRAFT TRAFFIC MONITORING AND  
CONTROL ZONES**

**Рудковский Анатолий Михайлович**, исследователь, ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет) (125310 Россия, г. Москва, ул. Волоколамское шоссе, д. 4), тел. +7(495)748-77-59, rudkovsky@mai.ru

**Anatoly M. Rudkovsky**, researcher, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamsk Highway st., Moscow, 125310 Russia), tel. +7(495)748-77-59, rudkovsky@mai.ru

**Аннотация.** Пассажирский самолет часто называют авиалайнером или коммерческим самолетом, основной задачей этих машин является перевозка пассажиров и их багажа. Конкретного определения этой категории не существует, но все же в мире принято называть пассажирским самолетом летательный аппарат, который имеет два и больше двигателей, а салон

рассчитан на 20 человек и больше. Масса такого самолета в пустом виде должна быть не менее 20 тонн. Самолеты для местных авиалиний – до 1000 километров. Ближнемагистральные – дальность от 1 до 2,5 тысяч километров (представитель EMB 120). Среднемагистральные – дальность от 2,5 до 6 тысяч километров (представитель CRJ 200). Дальнемагистральные – более 6 тысяч километров. Основа воздушного судна, собирающая все его часть в одно целое – фюзеляж. Конструкторы выделяют несколько схем, по которым можно классифицировать типы пассажирских, грузовых самолетов и других воздушных судов на основе его основной части: Узкофюзеляжный. Воздушное судно диаметром до 4 м. Такие суда имеют небольшую дальность полета и берут на борт небольшое количество пассажиров (максимальное количество – до 289). Широкофюзеляжный. Воздушное судно с фюзеляжем до 6 м и вместимостью до 853 человек. Однопалубный. Воздушное судно с одной палубой для размещения пассажиров, грузов и багажа. Двухпалубный. Аэробусы, предназначенные для перевозки максимального количества человек. Имеют несколько палуб для размещения пассажиров и их багажа. Плоскофюзеляжный. Корпус вытянут по продольной оси. Чтобы присесть в таком транспорте пассажирам необходимо пригнуться, а в проходе можно стоять в полный рост. Гондола (бесфюзеляжный). Имеет обтекаемую форму и предназначен для помещения конструктивных элементов самолета (шасси, двигателя и т.д.). Ферменный с гондолой. Корпус самолета на основе ферм, стоек с обшивкой в виде хлопчатобумажной ткани, дерева или фанеры. Двухбалочный с гондолой. Такие суда имели хвостовое оперение, размещенное на двух балках. Экипаж самолета располагается в крыле или гондоле. Лодка. Корпус воздушного судна, способный взлетать с водной поверхности и приземляться на нее.

Несущий фюзеляж. Крылья у таких конструкций не имеют типичной формы и уменьшены до минимальных размеров.

**Abstract.** A passenger plane is often called an airliner or a commercial aircraft, the main task of these machines is to transport passengers and their luggage. There is no specific definition of this category, but still in the world it is customary to call a passenger aircraft an aircraft that has two or more engines, and the cabin is designed for 20 people or more. The weight of such an aircraft in empty form should be at least 20 tons. Planes for local airlines – up to 1000 kilometers. Short-haul - range from 1 to 2.5 thousand kilometers (representative of EMB 120). Medium-haul - range from 2.5 to 6 thousand kilometers (representative of the CRJ 200). Long-haul - more than 6 thousand kilometers. The basis of the aircraft, which collects all its parts into one whole – the fuselage. Designers identify several schemes by which it is possible to classify the types of passenger, cargo aircraft and other aircraft based on its main part: Narrow-bodied. Aircraft with a diameter of up to 4 m. Such vessels have a short flight range and take on board a small number of passengers (the maximum number is up to 289). Wide-body. An aircraft with a fuselage up to 6 m and a capacity of up to 853 people. Single-deck. An aircraft with one deck to accommodate passengers, cargo and luggage. Two-deck. Airbuses designed to carry the maximum number of people. They have several decks to accommodate passengers and their luggage. Flat-fuselage. The body is elongated along the longitudinal axis. To sit down in such a transport, passengers need to bend down, and you can stand in full height in the aisle. Gondola (bodyless). It has a streamlined shape and is designed to accommodate structural elements of the aircraft (landing gear, engine, etc.). Truss with a gondola. The aircraft body is based on trusses, racks with lining in the form of cotton fabric, wood or plywood. Double-girder with a gondola. Such vessels had a tail unit placed on two beams. The crew of the aircraft is located in the wing or gondola. A boat. The body of an aircraft capable of taking off from the water surface and landing on it. The main fuselage. The wings of such structures do not have a typical shape and are reduced to a minimum size.

**Ключевые слова:** *корпус, фюзеляж, крылья, размеры, воздушное судно*

**Keywords:** *hull, fuselage, wings, dimensions, aircraft*

Воздушные суда могут быть предназначены для разной среды применения и различаться по назначению. В зависимости от этого посадочные органы будут различны. В авиастроении известны 4 вида самолетов, которые имеют разные приспособления для посадки. К ним относятся:

Сухопутные. Такие воздушные суда оснащены шасси, лыжами и другими приспособлениями для посадки на землю, твердую поверхность.

Корабельные. Имеют усиленные шасси и тормозной гак, для помощи в прицельной посадке судна на палубу корабля.

Гидросамолёты. Некоторые воздушные суда могут взлетать и приземляться на водную гладь. Раньше назывались гидропланами. Они могут иметь нижнюю часть фюзеляжа в форме лодки из нескольких закрепленных вместо шасси поплавков, подводные крылья или сочетание этих элементов вместе с классическими шасси.

Летающая подводная лодка. Воздушное судно, способное не только садиться на воду, но и продолжать движение под водой.

Воздушные суда разрабатываются под разные виды местности, ситуаций и условий полетов, в которых пилоту предстоит пилотировать. По типу выполняемых полетов суда могут быть:

С визуальным типом ориентирования. Имеют классическую схему ориентирования через увеличенное стекло, установленное в кабине пилотов. Приборы в таких самолетах используются как дополнительные возможности для предотвращения нештатных ситуаций и при ухудшении видимости [2].

С ориентированием по приборам. Предназначены для полетов в условиях отсутствия или затруднения прямой видимости. Применяется чаще всего в военной авиации, для сверхзвуковых машин.

С помощью ИНС движущиеся объекты могут без спутниковой связи с высокой точностью определять местоположение, свою ориентацию и скорость. Кроме того, в отличие от распространенной навигации по GPS инерциальные системы более устойчивы к помехам и перехвату [5].

Устройство ИНС можно разделить на два ключевых элемента: измерительное оборудование, собирающее данные, и навигационный компьютер, обрабатывающий информацию. За измерения в составе ИНС отвечают гироскопы и акселерометры. Гироскопы – они могут быть механическими или лазерными – определяют углы наклона объекта относительно трех основных осей: тангаж, рысканье и крен. Акселерометры считывают линейное ускорение. ИНС может быть дополнена и другими датчиками, например, магнитометром, измеряющим магнитное поле, или барометрическим высотомером [10].

ИНС бывают платформенными и бесплатформенными. В первом случае измерительная аппаратура устанавливается на гиросtabilизированную платформу, которая вращается независимо от ИНС. Во втором случае акселерометры и гироскопы жестко связаны с корпусом прибора, а функции платформы моделируются математически вычислительной системой. Преимуществом платформенных систем является их более высокая точность, бесплатформенные же варианты более компактны, потребляют меньше энергии и обладают неограниченными углами измерения [13].

В упрощенном виде работу ИНС можно представить по следующей схеме. В блок ввода начальной информации загружаются исходные данные для калибровки навигационной системы и ориентации инерционных датчиков. Затем эти данные попадают в блок измерений, вычислительный блок и блок времени, который синхронизируется с мировым временем. В ходе движения блок измерений регистрирует изменения параметров, на основе которых вычислительный блок определяет скорость и координаты объекта, после чего они передаются в систему управления [4].

Важнейшим параметром в работе ИНС является система отсчета. Она обеспечивает исходную ориентацию для начала навигации. Грубо говоря, система отсчета каждый раз подсказывает прибору, где право, где лево, где верх, а где низ, а также точку старта движения. В качестве системы отсчета



могут выступать астрономические объекты, Земля или горизонт, также она может быть произвольной.

Несмотря на довольно высокую точность, инерциальные навигационные системы имеют и свои недостатки. Слабым местом ИНС являются ошибки в измерениях, которые накапливаются с течением времени в получаемой от приборов информации – так называемый дрейф [7]. Так как навигационный компьютер суммирует каждое измерение, чтобы выяснить, как изменилось положение по сравнению с предыдущей оценкой, небольшая погрешность со временем растет, и общая оценка становится все более неточной. Для коррекции подобных ошибок инерциальные системы обычно дополняются GPS-датчиками.

Определение текущего местоположения ВС и его точности является одной из основных задач FMS в полете. Простые FMS для определения местоположения используют одну навигационную систему, обычно это система спутниковой навигации [11]. Но современные FMS для повышения точности определения местоположения используют все доступные навигационные системы, например, такие как DME. Навигационные системы включают:

- 1) Систему спутниковой навигации. Она используется как основная навигационная система, т.к. она имеет наивысшую точность. Будет описана в данной работе далее.
- 2) Средства радионавигации. Они имеют более низкую точность. Такими средствами являются:
- 3) Дальномерная система (DME).

Проведенный анализ показал, что определение текущего местоположения ВС и его точности является одной из основных задач в полете. Используются ССН, дальномерная система, всенаправленный азимутальный маяк. С помощью ИНС самолета можно определить отклонение связанной с корпусом прибора системы координат от ГСК. ИНС делятся на ПИНС и БИНС. Точность

определения местоположения именуется «Текущая навигационная характеристика» - Actual Navigation Performance (ANP). Геометрически ANP является радиусом круга, в пределах которого находится ВС.

Необходимо определять точность координат ВС на траектории посадки [9]. В перспективе основным навигационным средством решения проблемы аэронавигационного обеспечения будут ССН. Для ее повышения необходимо будет использовать ФД ГЛОНАСС в виде ПС. Для выполнения задачи исследования необходимо найти подходящую конфигурацию ПС, согласно которой удастся получить требуемую точность.

На первом этапе необходимо провести описание и анализ характеристик подсистемы функциональных дополнений. Сначала требуется описать факторы, влияющие на точность информации СНС. Далее проводится описание состава и виды ФД ГНСС. Указывается на перспективы развития ФД ГНСС. Будет проведен системный анализ ФД ССН ГЛОНАСС и рассмотрены основные методы повышения точности в дифференциальном режиме. Необходимо привести основные направления совершенствования организации воздушного движения (ВД).

На втором этапе требуется разработать программу для исследований характеристик точности определения местоположения ВС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки [3]. Для данного этапа исследования необходимо по данным альманах ССН ГЛОНАСС рассчитать модель движения орбитальной группировки ГЛОНАСС по алгоритму ИКД. После определяются те спутники, которые находятся в зоне радиовидимости. Далее проводится перевод значения ГСК в ТЦСК.

На третьем этапе проводятся исследования характеристик точности местоположения ВС на конкретных аэродромах при заходе на посадку и посадку для определенных точек глиссады [8]. Сначала необходимо определить и обосновать критерий оптимальности для обеспечения повышения уровня контроля точности геопространственных данных в

исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки. Далее требуется провести исследование характеристик точности местоположения ВС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки в зависимости от количества и расположения ПС. По итогам исследований требуется проанализировать полученные результаты на основе применения критерия оптимальности повышения точности геопространственных данных при разных приемах использования ФД ГЛОНАСС в виде ПС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки [14].

Несмотря на то, что ВС различных типов могут существенно отличаться друг от друга по составу и точностным характеристикам навигационных средств, диапазону скоростей и высот полета, а также составу экипажа существуют некоторые навигационные принципы деятельности экипажа, соблюдение которых обеспечивает успешное завершение полета и требуемую точность навигации. Основным правилом навигации является комплексное использование навигационных средств в полете [6]. Невыполнение данного условия является одной из основных причин уклонений ВС от заданного маршрута и потери ориентировки. Под комплексным применением навигационных средств понимается наиболее рациональное использование всей имеющейся на борту ВС навигационной информации в условиях текущей аэронавигационной и метеорологической обстановки в целях повышения точности, надежности и безопасности навигации [12]. Необходимость комплексного применения навигационных средств обусловлено именно тем, что на борту ВС с одной стороны имеется избыточность навигационной информации, так как одни и те же величины могут быть определены с помощью различных приборов, а с другой стороны имеется неопределенность информации, так как всем измерениям присуще свои погрешности и поэтому измеренные навигационные величины с помощью различных датчиков могут отличаться друг от друга. Задачей комплексного применения навигационных средств является:

- 1) Повышение точности навигационных определений, за счет использования избыточности навигационной информации;
- 2) Исключением случаев использования недостоверной информации от отказавшего датчика.

Комплексное применение навигационных средств в полете включает в себя правильный выбор, в зависимости от условий метеорологической и аэронавигационной обстановки, технических средств и методов навигации, которые обеспечат наибольшую точность и безопасность навигации. Непрерывное счисление пути с помощью автоматических систем, графической работы с картой и расчетом в уме по скорости и времени полета; контроль точности и достоверности навигационной информации с помощью дублирующих технических средств и методов навигации [15].

Основы комплексного применения навигационных средств и методов навигации закладывается в процессе штурманской подготовки к полету. Во время предварительной подготовки экипаж должен для каждого участка маршрута в зависимости от условий полета определить основные и дублирующие средства навигации, выбрать соответствующие методы самолетовождения. Важным правилом самолетовождения, общим для всех типов ВС является контроль выдерживания курса следования. При развороте на заданный курс на очередном участке маршрута необходимо убедиться в его соответствии заданному ПУ и ветру на высоте полета. Необходимо так же систематически контролировать показания курсовых приборов путем сравнения значений курса, полученного от основного датчика с показаниями дублирующего курсового прибора. При наличии расхождений в показаниях необходимо использовать аварийные датчики курса, типа КИ-13, которые хотя и обладают невысокой точностью, но достаточно надежны. Экипаж должен постоянно знать свое МП с точностью достаточной для выполнения полета в пределах ширины трассы. С этой целью необходимо периодически осуществлять контроль пути с использованием всех имеющихся в

распоряжении экипажа средств, а при обнаружении отклонения от ЛЗП, осуществлять его исправление. Так как полет выполняется в воздушной среде, то ее характеристики в течение полета могут изменяться, в то же время могут меняться и параметры полета: высота, скорость, курс ВС, режим работы двигателей [1]. В связи с этим периодически необходимо определять навигационные параметры полета и своевременно корректировать расчетный курс следования и время пролета контрольных ориентиров. Какие бы навигационные задачи не решал экипаж ВС неизменным правилом остается обеспечение безопасности навигации. Необходимо следить за выдерживанием высоты полета, не допуская ее уменьшение ниже безопасной, контролировать остаток топлива сравнивая его с расчетным. Для каждого типа ВС РЛЭ и инструкция по применению навигационного оборудования, предписывает определенную технологию навигационной работы членам экипажа, учитывая специфику навигационного оборудования данного типа ВС.

#### **Литература**

1. Бородин, В.А. Технология повышения точности геопространственных данных в аэронавигационных системах // Вестник Национального исследовательского университета "МИЭТ". - 201
2. Жуков, А.В. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Автоматика и телемеханика. - 2015.
3. Казаков, А.С. Повышение точности определения координат в системах управления движением воздушных судов // Вестник Удмуртского университета. - 2019.
4. Красовский, В.И. Методы повышения точности геопространственных данных в авиационных системах навигации // Техника и технология авиационного производства. - 2017.

5. Мельник, В.А. Анализ и повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Информационно-управляющие системы. - 2016.
6. Новиков, В.П. Методы и средства повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Известия Тульского государственного университета. - 2018.
7. Павлов, А.Н. Технологии повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Системы управления и информационные технологии. - 2014.
8. Петров, Е.В. Проблемы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Молодой ученый. - 2019.
9. Смирнов, Д.С. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2017.
10. Третьяков, В.В. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Материалы научно-практической конференции "Информационные технологии в авиации и космонавтике". - 2016.
11. Чернышев, А.А. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Наука и образование: научные труды молодых ученых. - 2015.
12. Ширшов, С.В. Технологии повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Вестник Томского государственного университета. - 2018.
13. Якушин, В.П. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Информационные системы и технологии. - 2016.

14. Яковлев, А.А. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Техника и наука в международном научно-техническом журнале. - 2019.
15. Якушев, С.А. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Материалы международной научно-практической конференции "Информационные технологии в авиации и космонавтике". - 2017.

### References

1. Borodin, V.A. Technology for improving the accuracy of geospatial data in aeronautical systems // Bulletin of the National Research University "MIET". - 201
2. Zhukov, A.V. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Automation and telemechanics. - 2015.
3. Kazakov, A.S. Improving the accuracy of determining coordinates in aircraft traffic control systems // Bulletin of the Udmurt University. - 2019.
4. Krasovsky, V.I. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aviation navigation systems // Technique and technology of aviation production. - 2017.
5. Melnik, V.A. Analysis and improvement of the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Information and control systems. - 2016.
6. Novikov, V.P. Methods and means of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Izvestiya Tula State University. - 2018.
7. Pavlov, A.N. Technologies for improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Control systems and information technologies. - 2014.
8. Petrov, E.V. Problems of increasing the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Young Scientist. - 2019.
9. Smirnov, D.S. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Actual problems of aviation and cosmonautics. - 2017.



10. Tretyakov, V.V. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Materials of the scientific and practical conference "Information technologies in aviation and cosmonautics". - 2016.
11. Chernyshev, A.A. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Science and education: scientific works of young scientists. - 2015.
12. Shirshov, S.V. Technologies for improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Bulletin of Tomsk State University. - 2018.
13. Yakushin, V.P. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Information systems and technologies. - 2016.
14. Yakovlev, A.A. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Technology and Science in the International Scientific and Technical Journal. - 2019.
15. Yakushev, S.A. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Materials of the International scientific and practical conference "Information technologies in Aviation and Cosmonautics". - 2017.

© Рудковский А. М., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*

**Для цитирования:** Рудковский А. М. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЗОНАХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 629.3.027.5



**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО  
КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ ГОНОЧНОЙ ШИНЫ**

**ESTIMATION OF THE LONGITUDINAL AND TRANSVERSAL GRIP  
COEFFICIENT OF A RACING TIRE**

**Власов Владимир Сергеевич**, студент, 1 курс, направление «Машиностроение», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

**Чижаткина Екатерина Дмитриевна**, Преподаватель кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», Тольяттинский государственный университет, Россия, г. Тольятти

**Vladimir Vlasov**, 1<sup>st</sup> year master student, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University

**Ekaterina Chizhatkina**, faculty advisor, teacher, Institute of Mechanical Engineering, Togliatti State University

**Аннотация**

В статье описаны инженерно-спортивные соревнования «Формула Студент». Представлены основные отличия гоночной шины от шины для автомобилей гражданского назначения. Рассмотрено понятие коэффициента сцепления гоночных шин с дорожным покрытием. Показаны основные параметры,

влияющие на увеличение показателя сцепления гоночных шин. Рассмотрено влияние таких свойств шины как адгезия на молекулярном уровне, а также гистерезис. Показано влияние площади пятна контакта на общее сцепление шины с дорогой. Представлен стенд для определения продольного и поперечного коэффициента сцепления гоночной шины. Описана конструкция и принцип работы лабораторного оборудования. В ходе проведения лабораторной работы получены коэффициенты сцепления для гоночной шины в продольном и поперечном направлении при различном давлении в шине, а также при различной вертикальной нагрузке. По результатам тестирования сделаны выводы, а также выявлена зависимость коэффициента сцепления при разном давлении.

### Summary

The article describes the engineering and sports competition Formula Student. The main differences between a racing tire and a tire for civil vehicles are presented. The concept of the adhesion coefficient of racing tires with the road surface is considered. The main parameters influencing the increase in the grip rate of racing tires are shown. The influence of such tire properties as adhesion at the molecular level, as well as hysteresis, is considered. The effect of the area of the contact patch on the overall grip of the tire with the road is shown. A bench for determining the longitudinal and transverse grip coefficient of a racing tire is presented. The design and principle of operation of laboratory equipment are described. During the laboratory work, the adhesion coefficients for a racing tire in the longitudinal and transverse directions were obtained at different tire pressures, as well as at different vertical loads. Based on the test results, conclusions were drawn, and the dependence of the adhesion coefficient at different pressures was revealed.

**Ключевые слова:** гоночный болид, Formula Student, гоночные шины, коэффициент сцепления, стенд

**Keywords:** racing car, Formula Student, racing tires, coefficient of adhesion, stand

«Формула Студент» как проект, интегрированный в образовательный процесс как в России, так и за рубежом, представляет собой один из наиболее перспективных способов проектно-ориентированного обучения. Ежегодно, в ходе проектирования и сборки прототипа гоночного автомобиля, обучающиеся ВУЗов получают практический опыт работы с современным ПО и станковым оборудованием, а также развивают навыки работы в команде. Одним из направлений исследований, которыми занимаются участники инженерной команды, является изучение свойств шин и их поведения при соприкосновении с дорожным покрытием.

Шина автомобиля – единственная часть автомобиля, которая постоянно находится в контакте с дорожным полотном [3]. Правильно выбранные шины не только снизят неподрессоренные массы, но и помогут в разы улучшить динамику автомобиля. Именно шины позволяют реализовывать большие мощности двигателей автомобилей, и именно шины позволяют автомобилю быстро проходить гоночные трассы за счет высокого коэффициента сцепления. Чаще всего, коэффициент сцепления гоночных шин выше, чем у шин гражданского назначения [5]. Если рассматривать гоночные болиды класса «Формула», то в этом случае коэффициент сцепления может быть выше более чем в два раза, чем на стандартной автомобильной шине. Связано это с тем, что гоночные шины способны обеспечивать максимальное пятно контакта и максимальную сцепную силу за счет:

- большой ширины шин,
- отсутствия протектора,
- режимов работы при низком давлении,
- специального состава и технологии производства.

Специальный состав гоночных шин позволяет увеличить воздействие свойств адгезии и гистерезиса [1]. Данные свойства позволяют шине буквально «липнуть» к дорожному полотну. Именно поэтому гоночные шины

такие широкие, ведь чем больше пятно контакта шины с дорогой, тем больше площадь воздействия адгезии на молекулярном уровне, а также гистерезиса.

На рисунке 1 показан стенд для определения продольного и поперечного коэффициента сцепления шин.



Рисунок 1 – Лабораторный стенд для автомобильных шин

Стенд состоит из прочной основной стойки и прижимного механизма, позволяющего увеличивать вертикальную нагрузку на шину, подвижной платформы, имитирующей поверхность асфальтированной дороги, ременной передачи, позволяющей перемещать платформу под шиной, а также тензодатчиков и осциллографа, позволяющих считывать показатели шины по критерию сцепления [2]. Испытания на стенде максимально приближены к реальным условиям работы автомобильной шины. Испытания проводились со специализированной шиной Hoosier, разработанной для гоночных болидов класса «Формула Студент». На рисунке 2 можно увидеть результаты испытаний шины при различной вертикальной нагрузке и различном давлении в шине в продольном и поперечном направлении.

Hoosier	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg
0,6 bar	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,4$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,72$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,6$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,79$ $\Phi_{np} = 1,49$
0,8 bar	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,14$ $\Phi_{np} = 1,53$	$\Phi_n = 1,99$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,98$ $\Phi_{np} = 1,5$	$\Phi_n = 1,92$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,83$ $\Phi_{np} = 1,49$
1 bar	$\Phi_n = 1,95$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,53$	$\Phi_n = 2,05$ $\Phi_{np} = 1,46$	$\Phi_n = 1,72$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 1,69$ $\Phi_{np} = 1,49$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,49$
1,2 bar	$\Phi_n = 2,26$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,4$ $\Phi_{np} = 1,47$	$\Phi_n = 2,4$ $\Phi_{np} = 1,52$	$\Phi_n = 2,08$ $\Phi_{np} = 1,5$	$\Phi_n = 2,15$ $\Phi_{np} = 1,54$	$\Phi_n = 2,21$ $\Phi_{np} = 1,57$
1,4 bar	$\Phi_n = 2,03$ $\Phi_{np} = 1,48$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,6$	$\Phi_n = 2,22$ $\Phi_{np} = 1,58$	$\Phi_n = 2,13$ $\Phi_{np} = 1,56$	$\Phi_n = 1,87$ $\Phi_{np} = 1,45$	$\Phi_n = 2,00$ $\Phi_{np} = 1,49$

Рисунок 2 – Результаты тестирований гоночной шины для выявления коэффициентов сцепления

Для сравнения, коэффициент сцепления шины гражданского автомобиля в среднем составляет 0,7–0,9 [6]. В таблице же мы можем наблюдать поперечный коэффициент сцепления 2.4 для гоночной шины, что в 3 раза выше, чем у автомобильной шины гражданского назначения. Однако причинами, по которым серийные автомобили не используют более цепкие шины: высокая стоимость, быстрый износ (гоночные шины пригодны для использования на 1-2 гонки), для реализации высокого сцепления необходимо усиление всех остальных агрегатов автомобиля, что в свою очередь также увеличивает стоимость [4].

По результатам тестирования можно сделать некоторые выводы. Наилучшее сцепление болида с дорожным полотном можно получить при давлении внутри колеса, равном 1,2 бара. При этом общая тенденция такова, что при давлении, равном 90 кг, коэффициент поперечного сцепления является наибольшим, а коэффициент продольного сцепления примерно равен во всех диапазонах измерений и не имеет ярко выраженного пика в частном случае.

Помимо данной гоночной шины также были протестированы шины Continental, также разработанные специально для соревнований Формула Студент. Так как Continental шины имеют радиальное строение корда, а

Hoosier диагональное строение корда, то между этими двумя конкурентами сразу видна разница в сцепных характеристиках. За счет радиального строения корда шина имеет возможность воспринимать большие продольные нагрузки, что дает преимущество в дисциплине «ускорение» соревнований Формула Студент. Однако преимущество диагонального строения корда – более жесткие боковые стенки шины, что в свою очередь дает преимущество в скоростных поворотах. Соответственно, по результатам испытаний шины с диагональным строением корда имели больший коэффициент сцепления в поперечном направлении, а шины с радиальным строением корда имели больший коэффициент сцепления в продольном направлении.

### Литература

1. Балабин И.В., Балабин О.И. Анализ силового взаимодействия колеса автомобиля с неровностями дороги в режиме его поворота // Кронос. 2022. №8 (70). С. 46–51.
2. Дмитриева Т.Д., Котков А.С., Васильев А.А., Сидоров М.В., Пономарев А.И. Исследование взаимодействия колеса с опорным основанием // Инженерный вестник Дона. 2023. №1. С. 1–9.
3. Рассадкин Н.А., Шорников Д.А., Агго С.Д., Пляшко А.Н. Влияние различных факторов на управляемость автомобиля // Colloquium-journal. 2021. №3 (90). С. 55–57.
4. Федотов А.И., Марков А.С., Яньков О.С., Овчинникова Н.И. Влияние износа рисунка протектора беговой дорожки шины на характеристики ее сцепления с опорной поверхностью // iPolytech Journal. 2017. №11. С. 1–10.
5. Шаршуков К.Г., Капралов С.С. Влияние динамических факторов на характеристики бокового сцепления шин в стендовых условиях // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2014. №5 (39). С. 45–52.
6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. С. 215–303.



### Literature

1. Balabin I.V., Balabin O.I. Analysis of the force interaction of a car wheel with road irregularities in the mode of its turn // Kronos. 2022. No. 8 (70). pp. 46–51.
2. Dmitrieva T.D., Kotkov A.S., Vasiliev A.A., Sidorov M.V., Ponomarev A.I. Study of the interaction of a wheel with a support base // Engineering Bulletin of the Don. 2023. No. 1. pp. 1–9.
3. Rassadkin N.A., Shornikov D.A., Aggo S.D., Plyashko A.N. Influence of various factors on vehicle handling // Colloquium-journal. 2021. No. 3 (90). pp. 55–57.
4. Fedotov A.I., Markov A.S., Yankov O.S., Ovchinnikova N.I. Influence of wear of the tread pattern of the tread of the tire on the characteristics of its adhesion to the supporting surface // iPolytech Journal. 2017. No. 11. pp. 1–10.
5. Sharshukov K.G., Kapralov S.S. Influence of dynamic factors on the characteristics of lateral grip of tires in bench conditions // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. 2014. No. 5 (39). pp. 45–52.
6. Milliken W.F., Milliken D.L. Race car vehicle dynamics. 1995. pp. 215–303.

© Власов В.С., Чижаткина Е.Д., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

**Для цитирования:** Власов В.С., Чижаткина Е.Д. Определение продольного и поперечного коэффициента сцепления гоночной шины // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 631.6



**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА  
МЕТЕОДАНЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**  
ANALYTICAL REVIEW OF METEOROLOGICAL DATA MONITORING  
DEVICES IN AGRICULTURAL PRODUCTION

**Акпасов Антон Павлович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего отделом оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, [1a9@mail.ru](mailto:1a9@mail.ru)

**Кулявцева Анна Александровна**, младший научный сотрудник отдела оросительных систем и гидротехнических сооружений, ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» (413123 Россия, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п. Приволжский, ул. Гагарина, д. 1), тел. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1869-4934>, [Gornostaeva09@yandex.ru](mailto:Gornostaeva09@yandex.ru)

**Anton P. Akpasov**, candidate of technical sciences, senior researcher, acting head of department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Research Institute of Hydraulic Engineering

and Land Reclamation» (Gagarina st., 1, w. s. Privolzhsky, Engels district, Saratov region 413123 Russia), tel. 8(8453) 75-44-20, <https://orcid.org/0000-0002-3252-7849>, 1a9@mail.ru

**Kulyavtseva Anna Aleksandrovna**, junior researcher of the department of irrigation systems and hydraulic structures, Federal State Budgetary Scientific Institution «Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation» (413123 Russia, Saratov Region, Engelsky district, Privolzhsky, Gagarina str., 1), tel. 8(8453) 75-44-20, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1869-4934>, Gornostaeva09@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводится обзор отечественных и зарубежных устройств мониторинга метеоданных, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур. Дано обоснование их применения в условиях экстремальных погодных условиях для своевременного принятия агротехнических решений с целью сохранения урожая. Представлены отечественные и зарубежные метеостанции, датчики влажности и температуры воздуха, указаны их технические и функциональные характеристики.

**Abstract.** The article provides an overview of domestic and foreign meteorological data monitoring devices used in the cultivation of agricultural crops. The rationale for their use in extreme weather conditions for timely adoption of agrotechnical decisions in order to preserve the harvest is given. Domestic and foreign weather stations, humidity and air temperature sensors are presented, their technical and functional characteristics are indicated.

**Ключевые слова:** микроклимат, датчик влажности и температуры воздуха, метеостанция

**Keywords:** microclimate, humidity and temperature sensor, weather station

В условиях засушливого климата Поволжья при возделывании

сельскохозяйственных культур, в частности овощных, сельхозтоваропроизводители в основном отдают предпочтение капельному орошению, которое обеспечивает централизованную и регулируемую подачу воды непосредственно в прикорневую зону возделываемых культур. В тоже время без обеспечения оптимальной влажности и температуры приземного слоя воздуха невозможно создать необходимый режим водопотребления растений. Даже при влажности почвы, благоприятной для вегетации растений, длительные суховеи жарких месяцев лета оказывают весьма негативное воздействие на листовую покров растений, что приводит к снижению урожайности и качества товарной продукции, а иногда и их полной потере [1].

Учитывая вышесказанное важно следить за температурой воздуха и степенью увлажненности почвы. Микроклиматические различия температуры и влажности воздуха могут быть прослежены и по показаниям приборов, расположенных в различных зонах участка посева. Но значительно ярче они будут проявляться в более близком к почве приземном слое воздуха. Напротив, при более высоком расположении датчиков они будут сглаживаться вследствие перемешивания воздуха при ветре. Поэтому для установления микроклиматических различий нужны наблюдения на различных высотах внутри приземного слоя воздуха. В определенной степени микроклимат отождествляется с климатом приземного слоя воздуха. Для оценки приземного микроклимата, используются наружные датчики влажности и температуры воздуха.

В последние годы в сельское хозяйство началось внедрение интернет-технологий, спутниковой связи и геопозиционирования, робототехники, датчиков и систем автоматизации [5].

Одним из ключевых элементов современного растениеводства является использование современных датчиков (сенсоров), позволяющих получать объективную информацию с полей (состояние посевов, контроль насекомых, температурный режим почвы и т.д.) и метеоданные.

Применение датчиков и сенсоров в сельскохозяйственной деятельности — важный шаг на пути к созданию интеллектуального сельхозпроизводства. Разнесенные на десятки квадратных километров, они могут непрерывно передавать по радиоканалам информацию о состоянии контролируемых объектов — в частности, значение таких параметров, как влажность, температура почвы и воздуха, уровень здоровья растения и т.д. [2, 3, 4]

Наружные датчики влажности и температуры — это устройства, позволяющие одновременно решать две задачи: измерять относительную влажность и температуру окружающей среды. Рассмотрим различные модификации имеющихся датчиков влажности и температуры:

Преобразователь/датчик влажности и температуры для постоянной высокой влажности (производства E+E Electronik ООО НПО "СПЕКТР") EE211 (рисунок 1) создан для предоставления точных и долгосрочных стабильных измерений в условиях высокой влажности (>85 % относительной влажности) и в условиях требуемого управления климатом. Включает в себя зонд влажности с подогревом и сменный зонд температуры. Дополнительно, до трех значений могут быть показаны одновременно на дополнительном подсвечиваемом дисплее.



Рисунок 1 – Преобразователь/датчик влажности и температуры для постоянной высокой влажности EE211

Высокая точность измерений влажности и температуры, возможность работы в условиях конденсации влаги, отображение на дисплее до 3х параметров, в том числе – точка росы, взвешенная влага в воздухе, абсолютная влажность, энтальпия, парциальное давление водяных паров, температура по влажному термометру, выносной металлический температурный сенсор [6].

Также существует датчик EE212 (рисунок 2) изготавливается в двух версиях - для настенного монтажа и монтажа в канал. Прибор оснащен двумя аналоговыми выходами и графическим дисплеем. Кроме измерения RH и T, датчик рассчитывает параметры, связанные с влажностью: температура точки росы, абсолютная влажность и коэффициент смешения.



Рисунок 2 – Датчик EE212

Основная измеряемая величина – температура  $^{\circ}\text{C}$ , влажность %RH. Диапазон температур: Рабочая температура,  $^{\circ}\text{C}$  -40...+60; Точность измерений: Влажность/диапазон/точность 0...100 %;  $\pm 3\%$  (10...90%) \*  $\pm 4\%$  (0...100%); Точность, RH  $\pm 1,5\%$ ,  $\pm 1,8\%$ ; Точность,  $^{\circ}\text{C}$   $\pm 0.3$   $^{\circ}\text{C}$  [3].

Датчик влажности и температуры воздуха ТМГ-01 (рисунок 3). Работает в температурных режимах от – 40 до +85  $^{\circ}\text{C}$ . Имеет четырехразрядный светодиодный цифровой индикатор; количество каналов влажности и температуры - 3 (до 12). Измерение влажности влажность 0...100%; T - 40...+85 $^{\circ}\text{C}$  с введением поправки при изменении T окружающей среды. Погрешности измерения  $\pm 1\%$ ;  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Термогидрометр состоит из термопреобразователя и преобразователя влажности в выходной сигнал



Рисунок 3 – Датчик влажности и температуры воздуха ТМГ-01

Для получения более полной информации о метеорологических условиях при возделывании сельскохозяйственных культур и оперативном проведении агротехнических мероприятий датчики влажности и температуры воздуха применяются в составе метеостанций, которые снабжены современными интерфейсами, системами дистанционного управления и возможностью подключения дополнительных средств измерения погодных условий.

Сертифицированное средство измерения Метеостанция Sokol-M1 (рисунок 4) российского производства соответствующее Постановлению Правительства РФ от 16.11.2020 N 1847 «Об утверждении перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений», измеряющее основные метеорологические параметры, такие как: скорость и направление воздушного потока, температуру воздуха, влажность, атмосферное давление, уровень освещенности, количество и интенсивность



жидких осадков. Метеостанция позволяет получать прогноз погоды на 3 дня с точностью 95% [4].

Рисунок 4 – Метеостанция Sokol-M1



С помощью технологии LoRa к метеостанции можно подключить дополнительное беспроводное оборудование в радиусе до 10 км.

Станция имеет встроенную солнечную батарею и АКБ, работы которой хватает до 9 месяцев автономной работы (в тёплое время года).

Достаточно широк ассортимент метеостанций, датчиков и регистраторов данных для растениеводства WatchDog (США). Полнофункциональные метеостанции семейства WatchDog (рисунок 5) позволяют получать точную информацию о погоде в режиме реального времени прямо с поля. Они осуществляют мониторинг, запись и анализ более десятка важных экологических показателей и обеспечивают хранение данных в безопасной, энергонезависимой памяти [7].



Рисунок 5 – Полнофункциональные метеостанции семейства WatchDog

Выбор интервала измерений от 1 до 60 минут (хранит в течение 183 дней данные с 30 минутным интервалом). Возможно подключение нескольких ПК к станции, не влияя на процесс сбора данных.

Метеостанции серии WatchDog имеют несколько внешних каналов для подключения различных датчиков:

- датчик влажности почвы WaterScout SM 100 емкостного типа, который реагирует на изменения в содержании влаги в почве для применения лучших решений для орошения;

- датчик влажности почвы/ЕС/температуры WaterScout SMEC 300 – его карбоновые электроды обеспечивают большую измерительную поверхность электрической проводимости (ЕС);

- датчик CO<sub>2</sub> — недиспергирующий инфракрасный (НДИК) анализатор уровня углекислого газа, измеряет концентрацию в мг/м<sup>3</sup>;

- датчик LightScout регистрирует УФ-излучение в диапазоне 250-400 нанометров с последующим расчетом дневных норм;

- квантовый датчик света LightScout Quantum фиксирует излучение в диапазоне от 400 до 700 нм с последующим расчетом дневного освещения (точность is  $\pm 5\%$ );

— датчик влажности листьев, позволяет выявлять периоды, наиболее благоприятные для развития болезней растений. Принцип работы основан на изменении сопротивления между позолоченными дорожками при различных уровнях влажности. Возможно подключение до двух датчиков к погодной станции;

— датчик солнечной радиации LightScout — диапазон измерения от 300 до 1100 нанометров;

— внешний датчик температуры почвы, воздуха или воды;

— датчик включения/выключения орошения: позволяет проводить анализ взаимосвязи между периодами орошения и влажностью почвы, встраивается в систему полива, работает совместно с датчиком уровня почвенной влаги.

Рассмотрев датчики и используемые их метеостанции, можно отметить, что подчас сенсоры в растениеводстве ставят в один ряд с основными средствами производства, потому что работают они совместно. Использование метеостанций в сельскохозяйственном производстве позволяет получить значительный экономический эффект от установки датчиков и программного обеспечения для принятия своевременных агротехнических решений, а рост производства отечественных метеостанций и широкое применение их в различных сферах народного хозяйства поспособствует продовольственной безопасности страны.

#### **Литература:**

1. Акпасов А.П. Эффективность дождевания при комбинированном орошении / Акпасов А.П., Туктаров Р.Б., Кулявцева А.А. // Международный журнал прикладных наук и технологий «Интеграл». — 2/2023.
2. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и

- высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 37-43.
3. Майер А.В., Бочарников В.С., Долгополова Е.А. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1(25). С. 1-6.
  4. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Храбров М.Ю., Гуренко В.М., Майер А.В. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1(37). – С. 6-13.
  5. <https://agriecomission.com/base/datchiki-dlya-umnogo-rastenievodstva>
  6. <https://epluse.su/produkte/feuchte/indust/ee211.htm>
  7. <https://sokolmeteo.ru/p-sokolm/?modal=params-popup>

#### References

1. Akpasov A. P. Effektivnost' dozhdevaniya pri kombinirovannom oroshenii / Akpasov A. P., Tuktarov R.B., Kulyavceva A.A. // Mezhdunarodniy zhurnal prikladnyh nauk i tehnologiy "Integra". – 2/2023.
2. Borodychev V.V., Lytov M.N. Sistema «analiz – vizualizaciya dannyh – prinyatie reshenij» v sostave GIS upravleniya orosheniem // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). S. 37-43.
3. Majer A.V., Bocharnikov V.S., Dolgopolova E.A. Razrabotka tekhnicheskikh sredstv i metod opredeleniya intervala vremeni mezhdru uvlazhneniyami v sisteme kombinirovannogo orosheniya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 1(25). S. 1-6.
4. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Hrabrov M.Yu., Gurenko V.M., Majer A.V. Kombinirovannoe oroshenie sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i

vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 1(37). – S. 6-13.

5. <https://agriecomission.com/base/datchiki-dlya-umnogo-rastenievodstva>
6. <https://epluse.su/produkte/feuchte/indust/ee211.htm>
7. <https://sokolmeteo.ru/p-sokolm/?modal=params-popup>

© Акпасов А.П., Кулявцева А.А., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*

**Для цитирования:** Акпасов А.П., Кулявцева А.А. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА МЕТЕОДАНЫХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 339.54.012



**ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ АДАПТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ  
ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ**  
**THE STUDY OF SOME FACTORS OF ADAPTABILITY OF BUCKWHEAT  
IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KHAKASSIA.**

**Кадычегов Алексей Николаевич**, Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры Агротехнологий и Ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «Хакасского Государственного Университета им н.ф. Катанова», г.Абакан.  
**Томов Павел Русланович**, Студент «Хакасского Государственного Университета им н.ф. Катанова», г.Абакан.

**Kadychegov Alexey Nikolaevich**, PhD. in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Agronomy Department, Katanov Khakass State University (Abakan)

**Tomov Pavel Ruslanovich**, Student of "Khakass State University named after N.F. Katanov", Abakan.

**Аннотация**

В статье рассматриваются некоторые факторы влияющие на урожайность гречихи в условиях Республики Хакасия. результаты исследования получены за период с 2018-2022 годы в Бейском ГСУ. Рассматривали влияние природных факторов и сортов гречихи на показатели урожайности. В результате закладки полевых испытаний были изучены:

элементы погоды, урожайность. Исследовали влияние этих факторов в изменчивость продуктивности, параметры адаптивности по урожайности гречихи в зависимости от сорта. В ходе исследования было установлено. Преобладающий вклад в формирование урожайности вносил фактор «год». Его влияние в изменчивость урожайности составило 80%. Сортвые отличия характеризовали развитие продуктивности на 13 %. За 5 лет испытания более высокая урожайность замечена у сорта Яшьлёк, которая составила 19,5 ц/га, а наиболее низкая у сорта Даша - 13,94. Наиболее отзывчивым на улучшение условий выращивания по уровню урожайности в эксперименте был сорт Яшьлёк. Его показатели были более стабильны в изменяющихся обстоятельствах окружающей среды.

#### **Annotation**

The article deals with some factors influencing the yield of buckwheat in the conditions of the Republic of Khakassia. The results of the study were obtained for the period 2018-2022 in Beysky GSU. The influence of natural factors and buckwheat varieties on yield performance was considered. As a result of laying field trials were studied: elements of weather, yield. Influence of these factors on productivity variability, buckwheat yield adaptability parameters depending on variety were studied. In the course of the study it was established that The predominant contribution to yield formation was made by "year" factor. Its influence on yield variability was 80%. Variety differences characterised the development of productivity by 13%. In 5 years of testing the highest yield was observed in variety Yashlyok, which was 19.5 c/ha, and the lowest in variety Dasha - 13.94. The Yashlyok variety was the most responsive to yield improvement in the trial. Its performance was more stable under changing environmental conditions.

**Ключевые слова:** год, фактор, сорт, гречиха, окружающая среда, благоприятные условия.

**Keywords:** year, factor, variety, buckwheat, environment, favorable conditions.



## **Введение**

Гречиха обыкновенная (*Fagopyrum vulgare*) - является одной из самых древних культурных растений на планете. В Южной Сибири культивирование этой культуры определяется рядом факторов: пищевая ценность, устойчивость к природно-климатическим условиям, достаточный период вегетации. Однако, фактические сборы *Fagopyrum vulgare* в условиях республики Хакасия, несколько ниже потенциальных возможностей рекомендованных посевных сортов. В связи с этим, исследование факторов влияющих на урожайность гречихи, в условиях отдельно взятой территории является актуальной темой исследования.

**Цель исследования заключалась** в проведение эксперимента для определения эффекта различных факторов окружающей среды на урожайность гречихи (*Fagopyrum vulgare*) в Бейском ГСУ в период с 2018-2022 годах.

Данная цель достигалась путём решения следующие **задачи** а именно изучением такого фактора как «год» в формирование урожайности гречихи.

### **Объект исследования.**

Опыты проводились в 2018-2022 годах на Бейском ГСУ. Работа выполнялась в рамках договора между ХГУ им. Н.Ф. Катанова и инспектурой ГК по сортоиспытанию и охране селекционных достижений по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва.

В степной зоне имеют место чернозёмы южные, луговые, лугово-болотные, лугово-каштановые, солончаки степные и темноцветные пойменные. (Градобоев, Н.Д. 1954). (Градобоев, Н.Д. Почвы Минусинской впадины [Текст] / Н.Д. Градобоев, С.А. Коляго. - М.:Изд-во Ан СССР, 1960. - 234 с.).

### **Методика закладки полевых исследований**

Опыты проводились в 2018-2022 годах на Бейском ГСУ. Опыты закладывались по методике государственного сортоиспытания, утверждённой

Государственной комиссией Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (1989). (Методика государственного. ..., 1989.)

Для расчёта вклада факторов использован двухфакторный дисперсионный анализ по методике в изложении Б.А. Доспехова (1985), а с помощью пакета программ FieldExpert Д.Н. Акимова (2006).

Параметры экологической пластичности рассчитаны по методике Эберхарта и Расселла (S.A.Eberhart, W.A.Russell1966).(Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties [Text] // S. A. Eberhart, W. A Russell // Jorp Sci. - 1966. - V. 6. № 1. - P. 36–40.).

**Результаты исследований.** Опыты закладывались по методике государственного сортоиспытания, утверждённой Государственной комиссией Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (1989). (Методика государственного. ..., 1989.)

Бейский ГСУ расположен в степной зоне Республики Хакасия.

Многолетнюю оценку прошли сорта гречихи Дикуль, Даша , Диана , Яшьлек.

Площадь учётной делянки 25 м. кв. Посев проведён в первой декаде мая. Уборка семян - во второй декаде августа. Анализ погодных факторов за весь период наблюдений представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Элементы погоды в годы исследования (по данным метеостанции «Хакасская»)

год	Средняя месячная температура воздуха, °С					Среднемесячное количество атмосферных осадков, мм					Сумма осадков за вегетац ию, мм
	ма	ию	ию	авгу	сентяб	ма	ию	ию	авгу	сентяб	
	й	нь	ль	ст	рь	й	нь	ль	ст	рь	
2018	9.5	19.8	17.6	17.6	10.4	67.8	21.5	42.8	110.2	63.8	306,1

2019	9.0	16.3	17.7	17.2	11.1	47.6	79.4	139.3	81.7	41.2	389,2
2020	14.0	14.5	18.3	16.7	9.8	22.5	149.5	100.3	127.4	49.9	449,6
2021	9.5	19.8	17.6	17.6	10.4	67.8	21.5	42.8	110.2	63.8	306,1
2022	16.3	15.1	23.4	19,7	9,5	21,4	139,8	66,9	67,7	41,4	337,2

Из данных таблицы 1 следует, что наиболее дождливыми был 2020 год, в котором выпало 449,6 мм соответственно за вегетационный период май – сентябрь. Наиболее засушливым были 2018 и 2021 годы, когда выпало всего 306,1 мм. (табл.1).

Наиболее тёплый май отмечен в 2020 и 2022 годах, соответственно средне месячная температура составила 14,0 °С и 16,3°С. Наиболее прохладный июнь был в 2020 году (14,5°С) и тёплым- 2021 год. В 2023 году наиболее тёплым был июль, среднемесячная температура составила 23,4°С Август в годы исследования умерено тёплый. Сентябрь месяц был прохладным в годы исследований.

Погодные условия в годы проведения исследования соответственно различались, что отразилось на формировании признаков культуры. Результаты исследования урожайность специфическое влияние изучаемых факторов на формирование урожайности можно рассмотреть и на условиях индексов условий среды (таблица 1 ). Наиболее благоприятные условия для гречихи сложились в целом по опыту в 2020 году, которая составила 24,4 ц/га и худшие условия в 2018 году – 9.87 ц/га. Соответственно, вклад фактора «год» в изменчивость урожайности составил 80%

Вариабельность урожайности гречихи от сорта на Бейском ГСУ в 2018-2022 гг представлена в таблице 2.

Таблица 2-Урожайность.

Год	Дикуль (ст)	Даша	Диана	Яшьлек	Среднее
2018	15.5	15.2	6.7	6,9	9,87
2019	10.8	10.5	13.9	13.0	12,05
2020	23.3	19.7	26.5	28.1	24,4
2021	27.3	15.8	22.2	28.3	23,4
2022	8.7	8.5	11.5	12.0	10,17
Среднее	14,32	13,94	16,16	19,5	

НСР05 для фактора «год» =0,11 ц/га; фактора «сорт» = 0,10 ц/га; взаимодействие факторов= 0,01 ц/га

Вклад сортовых различий (Рис.1) составил 13%, так как разница между сортами с наиболее высокой урожайностью была в Яшьлек 19.5 ц, а наиболее низкая у сорта Даша - 13,94. Разница между сортами в целом по опыту составляет по урожайности почти 5 центнеров.

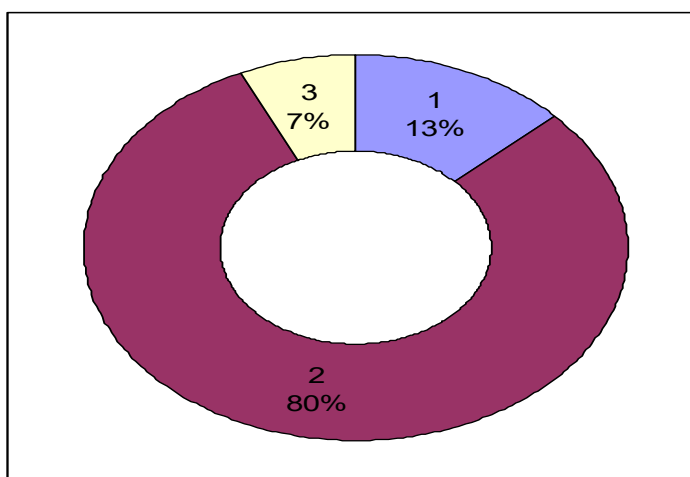


Рисунок 1 – Вклад факторов в изменчивость продуктивности, %

1- фактор «сорт»; 2- фактор «год»; 3- взаимодействие факторов «год x сорт»

Отмечено взаимодействие «генотип x среда», которое составило 7%, что позволило рассчитать параметры адаптивности (табл. 2). Чем больше показатель  $b_i$ , тем сорт более отзывчив на улучшение условий выращивания.

Из таблицы 3 видно, что Яшьлыксамый отзывчивый на улучшение условий возделывания культуры ( $b_i = 1,36$ ).

Таблица 3 - Параметры адаптивности по урожайности гречихи в зависимости от сорта.

Сорт	$b_i$	$\Sigma_d^2$
Дикуль	1,05	11,72
Даша	0,51	9,38
Диана	1,08	9,66
Яшьлек	1,36	7,66

Данный сорт был и более стабильным и имел меньшие колебания урожайности по годам 7,66 (табл 3 ) что свидетельствует о хорошей адаптации данного сорта к погодным условиям Южной Сибири и возможности его выращивания на протяжении длительного времени.

Таким образом:

1. Преобладающий вклад в формирование урожайности вносил фактор «год». Вклад этого фактора в изменчивость урожайности составил 80%. Сортвые отличия характеризовали развитие продуктивности в 13 %. За 5 лет испытания более высокая высокоурожайность замечена у сорта Яшьлѐк, которая составила 19,5 ц/га.

2. Наиболее отзывчивым на улучшение условий выращивания по уровню урожайности в эксперименте был сорт Яшьлек ,высокоурожайность коего была более стабильна в изменяющихся обстоятельствах окружающей среды.

## Литература

1. Акимов, Д. Н. Программа обработки данных полевого опыта FieldExpertv1.3 Pro. - [Электронный ресурс]. – Приклад.программа (728 Кб) / Д. Н. Акимов / ФГНУ «Государственный координационный центр информационных технологий», Отраслевой фонд алгоритмов и программ, номер ФАП 9455 от 14.11.2007. – 1 электрон. диск (CD-ROM). – Системные требования: MSExcel 2003 или выше; дисковод CD-ROM; - Загл. с этикетки диска.
2. Акимова, М.В. Частное растениеводство: зерновые и зернобобовые культуры: курс лекций [Текст] / О.И. Акимова. М.В. Гребёнкина. - Абакан: Издательство ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2012. - 160с.
3. Алабушев, В.А. Растениеводство [Текст] / В.А. Алабушев – Ростов-на-Дону: Март, 2001. – 384с.
4. Бугай, С.М. Растениеводство / С.М. Бугай. - Киев: издательское объединение Высшая школа. - 1975. - 376 с.
5. Вавилов П.П. Растениеводство/П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов, и др.; под. ред. П.П. Вавилова.- Изд. 4-е, доп. и перераб.- М.: Колос, 1979.-519с.
6. Ведров, Н.Г. Сибирское растениеводство [Текст] / Н.Г. Ведров, В.Е. Дмитриев, А.Н. Халанский.- Красноярск: изд. КГУ, 2002. - 316 с.
7. Градобоев, Н.Д. Почвы Минусинской впадины [Текст] / Н.Д. Градобоев, С.А. Коляго. - М.:Изд-во Ан СССР, 1960. - 234 с.
8. Градобоев, Н.Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Минусинской впадины [Текст] / Н.Д. Градобоев // Почвы Минусинской впадины: Тр. южно-енисейской комплексной экспедиции. - М.: изд-во Академии наук СССР, 1954. - Вып. 3. - С. 7–183.

9. S.A.Eberhart, W.A.Russell(1966).(Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties [Text] // S. A. Eberhart, W. A Russell // Jorp Sci. - 1966. - V. 6. № 1. - P. 36–40.

### Literature

1. Akimov, D. N. Data processing program of field experience FieldExpertv1.3 Pro. - [Electronic resource]. – The butt.program (728 Kb) / D. N. Akimov / FGNU "State Coordination Center of Information Technologies", Industry Fund of Algorithms and Programs, FAP number 9455 dated 14.11.2007. – 1 electron. disk (CD-ROM). – System requirements: MSExcel 2003 or higher; CD-ROM drive; - Cover from the disc label.
2. Akimova, M.V. Private crop production: grain and leguminous crops: course of lectures [Text] / O.I. Akimova. M.V. Grebenkina. - Abakan: Publishing House of the Khakass State University named after N.F. Katanov, 2012. - 160с.
3. Alabushev, V.A. Plant growing [Text] / V.A. Alabushev – Rostov-on-Don: March, 2001. – 384s.
4. Bugai, S.M. Plant growing / S.M. Bugai. - Kiev: publishing association Higher School. - 1975. - 376 p.
5. Vavilov P.P. Plant growing/P.P. Vavilov, V.V. Gritsenko, V.S. Kuznetsov, et al.; edited by P.P. Vavilov.- Ed. 4th, add. and reprint.
6. Vedrov, N.G. Siberian plant growing [Text] / N.G. Vedrov, V.E. Dmitriev, A.N. Khalansky.- Krasnoyarsk: KSU publishing house, 2002. - 316 p.
7. Gradoboev, N.D. Soils of the Minusinsk depression [Text] / N.D. Gradoboev, S.A. Kolyago. - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. - 234 p.
8. Gradoboev, N.D. Natural conditions and soil cover of the left-bank part of the Minusinsk depression [Text] / N.D. Gradoboev // Soils of the Minusinsk Depression: Tr. of the South Yenisei complex expedition. - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954. - Issue 3. - pp. 7-183.



9. S.A.Eberhart, W.A.Russell(1966).(Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties [Text] // S. A. Eberhart, W. A Russell // Jorp Sci. - 1966. - V. 6. No. 1. - P. 36-40.

©Кадычegov А. Н., Томов П.Р., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

**Для цитирования:** Кадычegov А. Н., Томов П.Р. ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ АДАПТИВНОСТИ ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 551.554



**ГЕНЕРАЦИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В БРИЗОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ**  
**TURBULENCE GENERATION IN BREEZE CIRCULATION**

**Коник Александр Александрович**, кандидат географических наук, Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН, г. Москва

e-mail: [konikrshu@gmail.com](mailto:konikrshu@gmail.com)

**Бухарев Антон Андреевич**, бакалавр, Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, г. Санкт-Петербург

e-mail: [anton.bukharev@gmail.com](mailto:anton.bukharev@gmail.com)

**Крайнова Майя Сергеевна**, бакалавр, Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, г. Санкт-Петербург

e-mail: [krainova.maya@mail.ru](mailto:krainova.maya@mail.ru)

**Дряпак Вероника Игоревна**, бакалавр, Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, г. Санкт-Петербург

e-mail: [veronikadryapak@gmail.com](mailto:veronikadryapak@gmail.com)

**Арсюхина Надежда Алексеевна**, бакалавр, Российский Государственный Гидрометеорологический Университет, г. Санкт-Петербург

e-mail: [arsuhinanadezda@gmail.com](mailto:arsuhinanadezda@gmail.com)

**Konik Alexander Alexanderovich**, Candidate of Geographical Sciences, Shirshov Institute of Oceanology of RAS, Moscow

e-mail: [konikrshu@gmail.com](mailto:konikrshu@gmail.com)

**Bukharev Anton Andreevich**, bachelor, Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

e-mail: [anton.bukharev@gmail.com](mailto:anton.bukharev@gmail.com)

**Krainova Maia Sergeevna**, bachelor, Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

e-mail: [krainova.maya@mail.ru](mailto:krainova.maya@mail.ru)

**Dryapak Veronika Igorevna**, bachelor, Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

e-mail: [veronikadryapak@gmail.com](mailto:veronikadryapak@gmail.com)

**Arsyuhina Nadezhda Alekseevna**, bachelor, Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg

e-mail: [arsuhinanadezda@gmail.com](mailto:arsuhinanadezda@gmail.com)

#### **Аннотация**

В статье рассматривается влияние явления бризовой циркуляции на распределение кинетической энергии турбулентности с использованием двумерной негидростатической модели пограничного слоя атмосферы. В модель была введена кинетическая энергия турбулентности для параметризации коэффициента турбулентности. Проведена серия экспериментов, в ходе которых получены пространственные распределения динамических характеристик. Показано, что при горизонтальной неоднородности подстилающей поверхности турбулентность в планетарном погранично слое значительно усиливается за счет формирования бризовой циркуляции.

#### **Abstract**

The article considers the influence of the breeze circulation phenomenon on the distribution of turbulence kinetic energy using a two-dimensional non-hydrostatic model of the atmospheric boundary layer. The turbulence kinetic energy was introduced into the model to parameterize the turbulence coefficient. A series

of experiments were conducted to obtain spatial distributions of dynamic characteristics. It is shown that turbulence in the planetary boundary layer is significantly enhanced due to the formation of breeze circulation in the presence of horizontal heterogeneity of the underlying surface.

**Ключевые слова:** планетарный пограничный слой, бризовая циркуляция, коэффициент турбулентности, горизонтальная неоднородность, математическое моделирование.

**Keywords:** planetary boundary layer, breeze circulation, turbulence coefficient, horizontal heterogeneity, mathematical modeling.

Бризовая циркуляция одно из примечательных атмосферных явлений, которое возникает только в прибрежных областях вблизи больших водных масс. Эти регулярные изменения в направлении ветра генерируются за счет разности в дневном прогреве поверхности суши и воды или эффекта горизонтальной неоднородности подстилающей поверхности.

В основе исследования лежит использование негидростатической двумерной модели для воспроизведения развития бризовой циркуляции. Использование двумерной модели, даже не смотря на развитие вычислительных мощностей обрабатывающих ЭВМ, не утратило актуальности с научной точки зрения. Эти соображения показаны в работе [1], исполненной коллективом сотрудников Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Кроме того, обширный обзор посвященный исследованием, в которых изучаются вопросы связанные с бризовой циркуляцией на основе численных моделей [2] отмечает, что большая часть из них была проведена, используя двумерные гидростатические модели.

В модели использованы некоторые приближения. Можно считать, что береговая линия является прямой линией, а метеорологические характеристики остаются неизменными в направлении параллельном этой линии. Движение жидкости считается несжимаемым.

Область интегрирования представлена в виде прямоугольника, с осями Z и X направленным вертикально вверх и перпендикулярно береговой линии соответственно, с началом координат на поверхности земли у сухопутной границы области интегрирования.

В общем виде уравнения горизонтально-однородного слоя включают в себя преобразованные уравнения движения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости (когда вертикальная скорость равна 0) и уравнение переноса тепла.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} k_m \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1.1)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k_t \frac{\partial \Theta}{\partial z} \quad (1.2)$$

По уравнениям (1.1) и (1.2) рассчитывались значения характеристик на боковых границах области интегрирования, на которых происходит переход от исследуемой области с горизонтально-неоднородной подстилающей поверхностью к горизонтально однородным участкам суши с одной стороны и моря с другой.

$$\frac{\partial \Omega}{\partial t} = \frac{1}{\rho^2} J(P, \rho) - J(\Omega, \Psi) + F_t, \quad (1.3)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = J(\Theta, \Psi) + \frac{\partial}{\partial z} k_T \frac{\partial \Theta}{\partial z}, \quad (1.4)$$

$$\nabla^2 \Psi = \Omega, \quad (1.5)$$

$$P = \rho R T, \quad (1.6)$$

$$\Theta = T \left( \frac{1000}{P} \right)^{\frac{R}{C_p}}. \quad (1.7)$$

Где  $J(p, q) = \frac{\partial p}{\partial x} \frac{\partial q}{\partial z} - \frac{\partial p}{\partial z} \frac{\partial q}{\partial x}$  – якобиан или определитель Якоби,  $\Omega$  – вихрь скорости,  $\rho$  – плотность сухого воздуха,  $P$  – атмосферное давление,  $\Psi$  – функция тока,  $\Theta$  – потенциальная температура воздуха,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $C_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении,  $T$  – температура воздуха,  $F_m$  – турбулентное трение вихря скорости.

Параметризация коэффициентов происходит за счет введения кинетической энергии турбулентности.

$$e = \frac{1}{2}(\overline{u'^2} + \overline{w'^2}), \quad (1.8)$$

$$k_M = l_m \sqrt{\frac{e}{C_1}}, \quad (1.9)$$

$$k_T = Pr * l_h \sqrt{\frac{e}{C_1}}, \quad (1.10)$$

$$l_{h,m} = \frac{\kappa z \lambda_{h,m}}{\kappa z + \lambda_{h,m}}, \quad (1.11)$$

$$\frac{de}{dt} = k_M \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] - \frac{g}{\theta} k_T \frac{\partial \theta}{\partial z} - \varepsilon + \frac{\partial}{\partial z} k_T \frac{\partial e}{\partial z} \quad (1.12)$$

Где  $k_M$  и  $k_T$  - коэффициенты турбулентной вязкости и турбулентной диффузии;  $Pr$  - число Прандтля равное 0,95;  $l_{h,m}$  - турбулентный путь смешения;  $e$  - кинетическая энергия турбулентности;  $C_1$  - константа принимаемая равной 3,7;  $\kappa$  - постоянная Кармана;  $\lambda_{h,m}$  - константы.

Путь смешения является довольно сложной для расчета величиной, для которой необходимо привлечение эмпирических данных и теорий. В данной модели используется метод расчета предложенный в модели общей циркуляции атмосферы Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова [3].

Для расчета дифференциальных слагаемых использовался метод конечно-разностных аналогов, с применением нескольких схем интегрирования по времени: Эйлера, «чехарды» и Адамса-Бэшфорта.

На всех границах функция тока оставалась равной нулю на протяжении всего эксперимента. Таким образом, поток не пересекал границу исследуемой области.

$$\Psi=0$$

Температура на нижней границе для суши считалась сообразно с суточным ходом.

$$\Theta(x, t) = \Theta_0 + A \sin \left( \omega_z t \right), \quad (1.13)$$

где  $A$  амплитуда суточного хода температуры;  $t$  – время в секундах с момента восхода Солнца;  $\Theta_0$  – начальная температура.

Температура поверхности моря оставалась неизменной.

*Кинетическая энергия турбулентности уменьшается с высотой и считается равной 0 на границе пограничного слоя, в то время как у земной поверхности она связана с динамической скоростью [4].*

$$e_{z=H} = 0$$

*Нижнее граничное условие кинетической энергии*

$$e_{z=z_v} = C_1 \cdot v^{*2}$$

Где  $v^*$  – динамическая скорость

Ее можно рассчитать исходя из логарифмического распределения скорости в пограничном слое:

$$v^* = u_1 \cdot \ln \frac{z_1}{z_{00}} \quad (2.24)$$

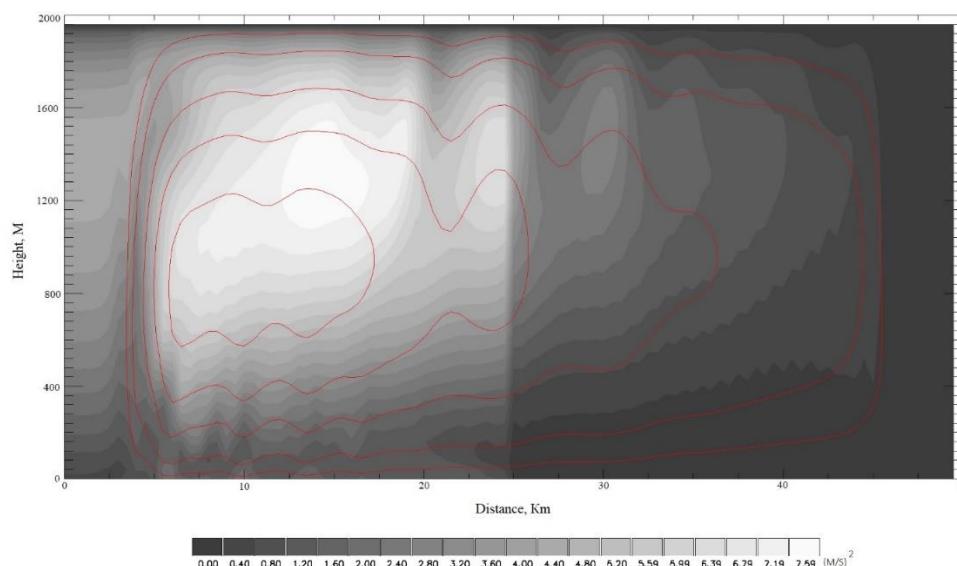
где  $u_1$  – скорость ветра на высоте  $z_1$ ;  $z_{00}$  - параметр шероховатости

Параметр шероховатости для суши принимается равным 0,03 м. Для моря он рассчитывается по соотношению Чарнока:

$$z_{00} = 0,015 \cdot \frac{v^{*2}}{g}$$

Таким образом, в любой момент времени известны поля следующих величин: поле температуры, поле давления, поле функции тока  $\Psi$ , поле вихря  $\Omega$ , и поля двух компонент скорости  $u$  and  $w$ .



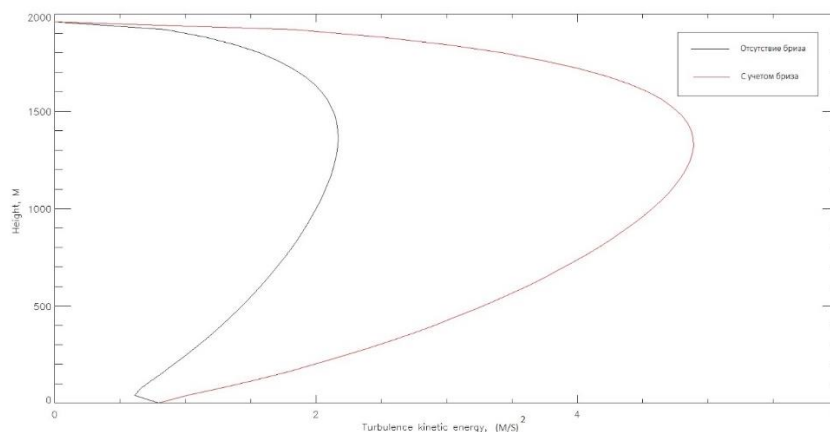


**Рисунок 1. Эволюция бризовой циркуляции в 1600 LST**

Как видно на рис.1 в 16:00 часов по местному времени бризовая циркуляция охватывает всю исследуемую область. Замкнутыми линиями изображены линии тока, по которым воздух циркулирует по часовой стрелке.

Видно, что форма бризовой ячейки достаточно хорошо соотносится с представлениями о структуре бризовой циркуляции [5].

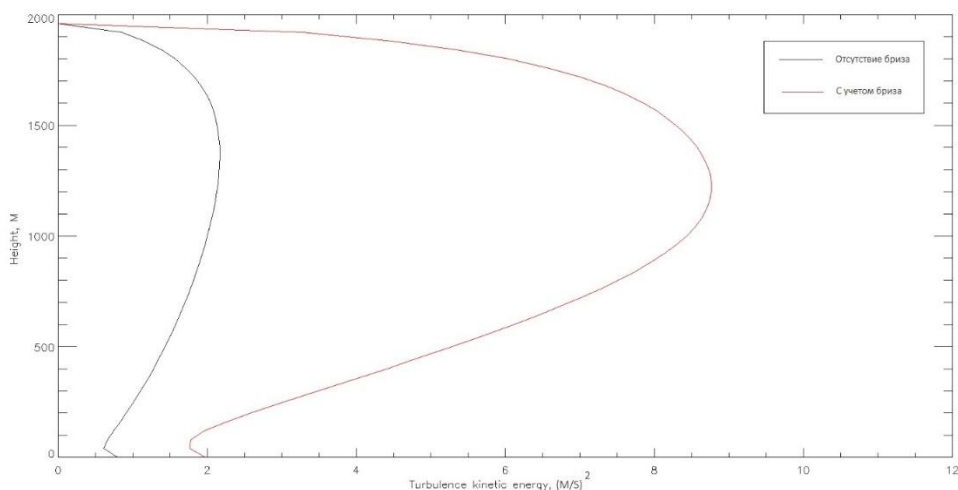
Для оценки вклада бризовой циркуляции в турбулентный режим пограничного слоя, сравнивались распределения кинетической энергии турбулентности на боковых границах, а также на удалении 12,5 км в обе стороны от береговой линии (береговая линия находится на расстоянии 25 км от начала координат).



**Рисунок 2. Вертикальный профиль кинетической энергии турбулентности на сухопутной границе области интегрирования за 1600 LST**

На рис. 2 видно, что турбулентность на сухопутной границе в случае горизонтально-неоднородной подстилающей поверхности превосходит таковую на горизонтально-однородном участке более чем в 2 раза. То есть влияние бриза все еще значительно на расстоянии 25 км от берега в сторону суши.

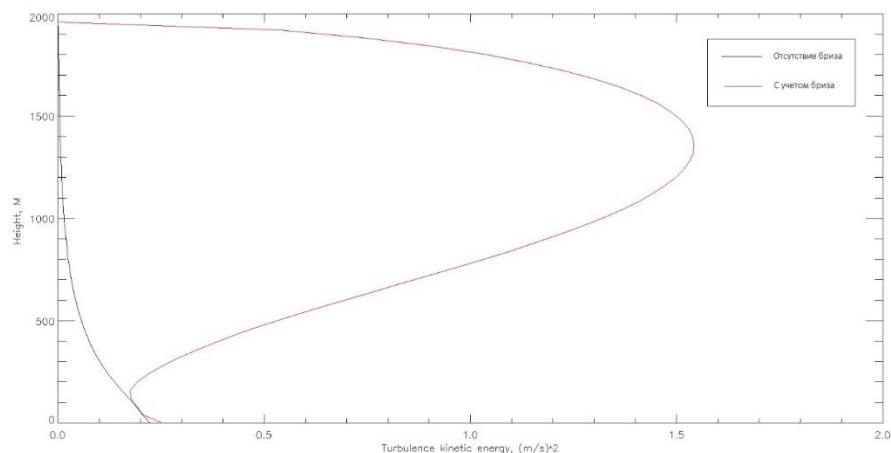
По рис. 3 можно сделать аналогичный вывод и для участка, отстоящего от берега на расстояние 12,5 км, но в вертикальном распределении кинетической энергии турбулентности еще больше и отличается почти в 5 раз.



**Рисунок 3. Вертикальный профиль кинетической энергии турбулентности в центре сухопутной области интегрирования за 1600 LST**

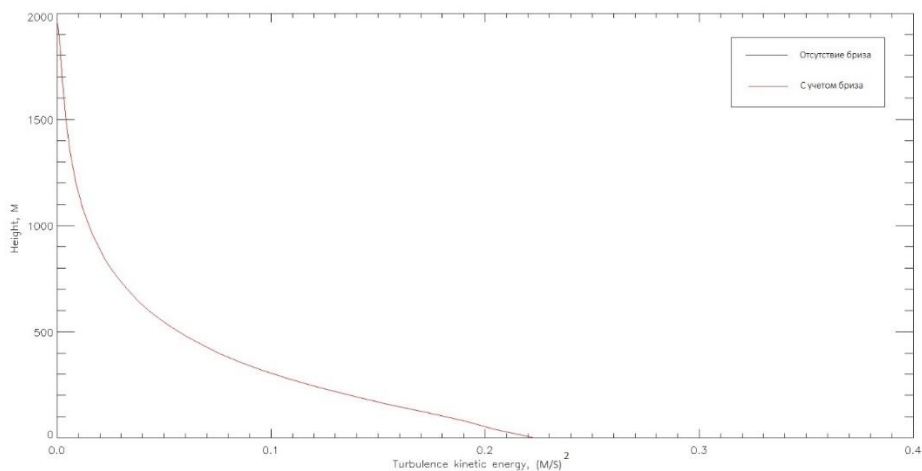
Иначе ситуация выглядит над морской областью, которая начинается на расстоянии 25 км от начала координат.

Из рис. 4 видно, что в распределение кинетической энергии на расстоянии 12,5 км от берега в сторону моря отличается как по виду, так и численно. Для горизонтально-однородной области наблюдается классическое распределение энергии турбулентности с высотой. Заметно, насколько турбулентность усиливается над морем, начиная с высоты 200 м.



**Рисунок 4. Вертикальный профиль кинетической энергии турбулентности в центре морской области интегрирования за 1600 LCT**

Как и в случае с распределением над сушей, интенсивность турбулентного обмена над морем уменьшается по мере удаления от берега. Наконец, на морской границе (25 км от берега), бриз перестает оказывать влияние на кинетическую энергию турбулентности, рис. 5.



**Рисунок 5. Вертикальный профиль кинетической энергии турбулентности на морской границе области интегрирования за 1600 LCT**

Легко заметить, что бризовая циркуляция, создаваемая вследствие горизонтальной неоднородности, вносит значительные изменения в распределение динамических характеристик потока с высотой. Над сушей

распределение кинетической энергии в обоих случаях имеет общий вид, но значительно отличается количественно. Над морем и вид вертикального профиля и численные значения кинетической энергии турбулентности значительно отличаются от участков лежащих на достаточном удалении от береговой линии. Кроме того и для суши и для моря характерно усиление различий в вертикальном распределении различий по мере приближения к берегу.

### Список литературы

1. Надежина Е.Д., Школьник И.М., Стернзат А.В., Егоров Б.Н., Пикалева А.А. Испарение с орошенных участков в аридных регионах по оценкам системы моделей регионального климата и пограничного слоя атмосферы. *Метеорология и гидрология*. 2018. №6 С. 87-97.
2. Crosman E.T., Horel J. D. Sea and lake breezes: a review of numerical studies. *Boundary-Layer Meteorology* 137, 2010. P.1–29.
3. Мелешко В.П., Матюгин В.А., Спорышев П.В., Павлова Т.В., Говоркова В.А., Школьник И.М., Байдин А.В. Модель общей циркуляции атмосферы ГГО. *Труды ГГО*. 2014. Вып. 571 С. 5-88.
4. Булгаков К.Ю., Фокина К.В. Моделирование приводного слоя с параметризацией стратификации и элементов влияния ветрового волнения // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 14, № 2. С. 3–16. doi: 10.7868/S2073667321020015.
5. Miller S.T.K., Keim B.D., Talbot R.W., Mao H. Sea breeze: structure, forecasting and impacts. *Rev Geophys* 41, 2003. P. 1–131.

### Literature

1. Nadezhina E.D., Shkolnik I.M., Sternzat A.V., Egorov B.N., Pikaleva A.A. Evaporation from irrigated areas in arid regions according to estimates of the system of regional climate and atmospheric boundary layer models. *Meteorology and Hydrology*. 2018. №6 p. 87-97.

2. *Crosman E.T., Horel J. D.* Sea and lake breezes: a review of numerical studies. *Boundary-Layer Meteorology* 137, 2010. P.1–29.
3. *Meleshko V.P., Matyugin V.A., Sporyshev P.V., Pavlova T.V., Govorkova V.A., Shkolnik I.M., Baidin A.V.* MGO model of general circulation of the atmosphere. *Proceedings of MGO*. 2014. Vol. 571 p. 5-88.
4. *Bulgakov, K.Yu.; Fokina, K.V.* Modeling of the surface layer above sea with parameterization of stratification and elements of wind wave influence // *Fundamental and Applied Hydrophysics*. 2021. V. 14, № 2. p. 3-16. doi: 10.7868/S2073667321020015.
5. *Miller S.T.K., Keim B.D., Talbot R.W., Mao H.* Sea breeze: structure, forecasting and impacts. *Rev Geophys* 41, 2003. P. 1–131.

© Бухарев А. А., Крайнова М. С., Дряпак В. И., Арсюхина Н. А., 2023  
Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

**Для цитирования:** Бухарев А. А., Крайнова М. С., Дряпак В. И., Арсюхина Н. А. ГЕНЕРАЦИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В БРИЗОВОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023

Научная статья

Original article

УДК 332.7+349.414+ 349.418+ 349.442



**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНОГО МИРА  
APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO CREATE  
VIRTUAL MODELS OF THE REAL WORLD**

**Рыбкина Алина Михайловна**, к.т.н., доцент кафедры «Инженерная геодезия», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел. 8(981) 103-03-13 E-mail: [alina\\_rybkina@mail.ru](mailto:alina_rybkina@mail.ru)

**Кравцова Марина Александровна**, студент кафедры «Инженерная геодезия», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел.8(996)996-43-30 E-mail: [marinakravtsova70@gmail.com](mailto:marinakravtsova70@gmail.com)

**Беляева Ксения Андреевна**, студент кафедры «Инженерная геодезия», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел.8(900) 531-53-93.

**Жлоба Яна Сергеевна**, студент кафедры «Инженерная геодезия», ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел.8(900) 637-84-17.



**Сергеев Иван Вячеславович**, студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел.8(931) 238-52-13

**Шатров Иван Олегович**, студент ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I», (190031 Россия, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 9), тел.8(999) 069-60-59

**Rybkina Alina Mikhailovna**, PhD, Associate Professor of the Department of Engineering Geodesy, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, E-mail: [alina\\_rybkina@mail.ru](mailto:alina_rybkina@mail.ru)

**Kravtsova Marina Aleksandrovna**, student of the Department of Engineering Geodesy, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, E-mail: [marinakravtsova70@gmail.com](mailto:marinakravtsova70@gmail.com)

**Belyaeva Ksenia Andreevna**, student of the Department of Engineering Geodesy, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

**Zhloba Yana Sergeevna**, student of the Department of Engineering Geodesy, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

**Sergeyev Ivan Vyacheslavovich**, student of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

**Shatrov Ivan Olegovich**, student of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

**Аннотация.** В настоящее время происходит широкое внедрение VR-технологий во все сферы деятельности, в том числе и в образование. Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: строительство, землеустройство и кадастры, геодезия и так далее, внедрение современных технологических решений в образовательный процесс позволяет повысить

доступность получаемых знаний: обеспечить доступные инструменты для пользователей и дополнить обучающие программы интерактивным визуальным VR/AR-контентом. В результате исследований авторами разработана цифровая модель местности, которая в дальнейшем может стать основой для создания VR-симулятора геолого-геодезической базы Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

**Abstract.** Currently, VR technologies are being widely introduced into all spheres of activity, including education. For students studying in the areas of training: construction, land management and cadastres, geodesy, and so on, the introduction of modern technological solutions in the educational process makes it possible to increase the availability of knowledge: to provide accessible tools for users and to supplement training programs with interactive visual VR/ AR content. As a result of the research, the authors developed a digital model of the terrain, which in the future can become the basis for creating a VR simulator of the geological and geodetic base of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

**Ключевые слова:** *цифровая модель местности, трехмерное моделирование, виртуальная реальность, геодезия.*

**Keywords:** *digital terrain model, 3D modeling, virtual reality, geodesy.*

Компьютерные технологии давно стали частью жизни каждого человека. Они не обошли стороной и геодезию. Геодезия используется для решения ряда инженерных задач, таких как геодезическое обеспечение при разработке проектов, эксплуатации и строительстве различных зданий и сооружений, а также контролирует корректность их посадки с учётом рельефа, соседних построек и коммуникаций. Эти проблемы решаются путём использования различного современного оборудования и информационных технологий.

Информационные технологии представляют собой процессы, с помощью которых осуществляется сбор, хранение, обработка и передача данных. Одним

из наиболее развивающихся видов информационных технологий является 3D моделирование. С помощью 3D моделирования происходит создание трёхмерных визуальных объектов с использованием профильного программного обеспечения.

Следует отметить, что информационное моделирование востребовано во многих сферах деятельности, так, например, 1 января 2022 года использование BIM - технологий (ТИМ) стало обязательным для всех строительных проектов, которые финансируются из государственного бюджета.

В свою очередь виртуальная реальность позволяет пользователю полностью погрузиться в среду цифрового мира. Многие проектировщики все чаще прибегают к использованию VR-технологий для визуализации и оценки строительных проектов в цифровой среде. BIM-технологии и виртуальная реальность могут взаимодействовать в различных сферах, например, просматривать модели BIM для создания симуляции в реальном времени.

В наши дни делается упор на развитии VR-индустрии. Виртуальная реальность стала популярной благодаря играм, но в последующем она получила распространение в дизайне, архитектуре, градостроительстве и становится востребованной в других сферах деятельности в связи с тем, что они позволяют максимально приблизиться к реальным условиям, проводить опыты и исследования, минимизировав возможные затраты и риски.

Для улучшения сферы образования и навыков работы с геодезическими приборами создаются программы и модели виртуальной реальности, которые помогают с меньшим количеством трудозатрат, не теряя эффективности, приобрести практические навыки работы с оборудованием.

Одной из востребованных российских компаний, специализирующихся на создании VR-приложений для повышения качества образования, является HoloGroup [1]. MR Builder — это один из продуктов, предлагаемый данным разработчиком. Особенность этого продукта заключается в том, чтобы

предоставить возможность строительным, архитектурным и проектным компаниям эффектно презентовать и обсуждать 3D-модели объектов [2].

В ходе изучения данного вопроса аспирант Сибирского государственного университета геосистем и технологий разработал концептуальную модель геодезического симулятора, предназначенного для обучения будущих специалистов в области геодезии. Данная модель является симбиозом игрового движка Unity и программного обеспечения для 3D-моделирования Blender.

Первым этапом для разработки симулятора является создание ландшафта на базе игрового движка Unity. Далее с помощью программы Blender была создана 3D-модель тахеометра со штативом, которая в дальнейшем была загружена в игровой движок. С помощью данного симулятора можно отработать навыки работы с тахеометром. Но для полноценного прохождения обучения в данном симуляторе необходимо проведение дальнейших исследований [3].

В рамках решения аналогичной задачи авторами создана цифровая модель геолого-геодезической базы Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I. Территория геобазы представлена двумя участками общей площадью 35 га.

В рамках работы рассмотрены различные способы получения исходных данных для моделирования, и выявлено, что создание цифровых моделей рельефа по данным воздушного лазерного сканирования пригодных для проектирования различных объектов является актуальной задачей и широко рассматривается в научной литературе, так как признается приоритетным направлением в связи с тем, что позволяет существенно сократить трудозатраты на проведение работ [4].

Однако в качестве исходных данных для моделирования были приняты архивные материалы топографической съемки исследуемых участков. Созданная цифровая модель Геобазы представляет собой 3D-модель

местности, включающую рельеф, растительность, а также нанесенные на нее здания и сооружения, существующие на Геобазе. Общий вид модели представлен на рисунке 1, увеличенные фрагменты – на рисунке 2.

Цифровая модель создавалась в программах SketchUp и AutoCAD (рис. 3) в МСК-47 зона 2.

В дальнейшем разработанная модель может быть использована для создания обучающего VR-симулятора, с помощью которого студенты, не имеющие возможности проходить практику в полевых условиях, смогут отработать навыки работы с приборами в виртуальной реальности.

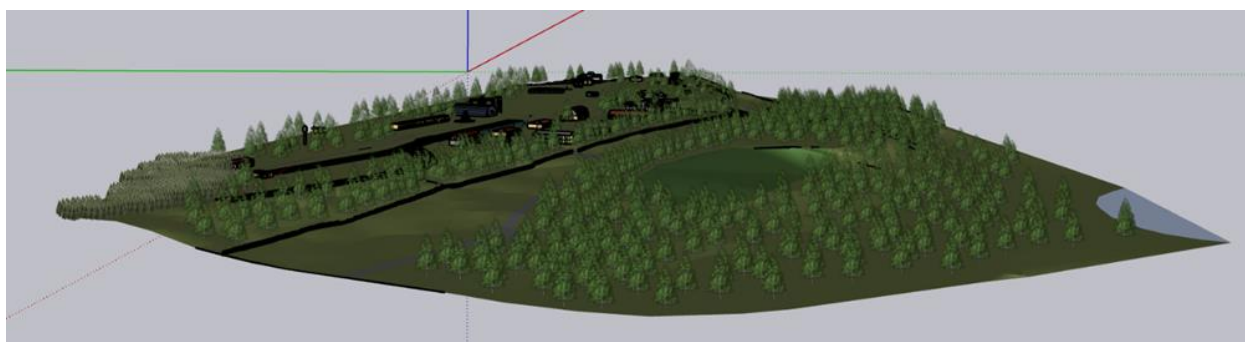


Рис.1. Общий вид модели геобазы ПГУПС

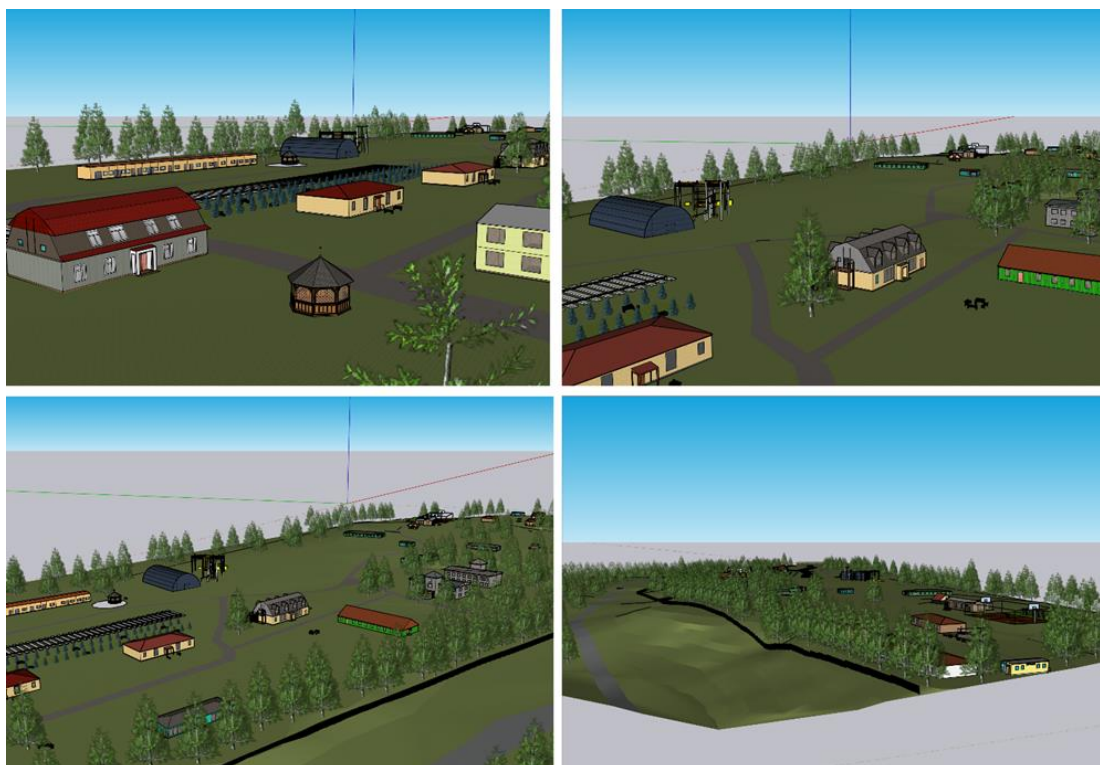


Рис. 2. Увеличенные фрагменты модели геобазы ПГУПС

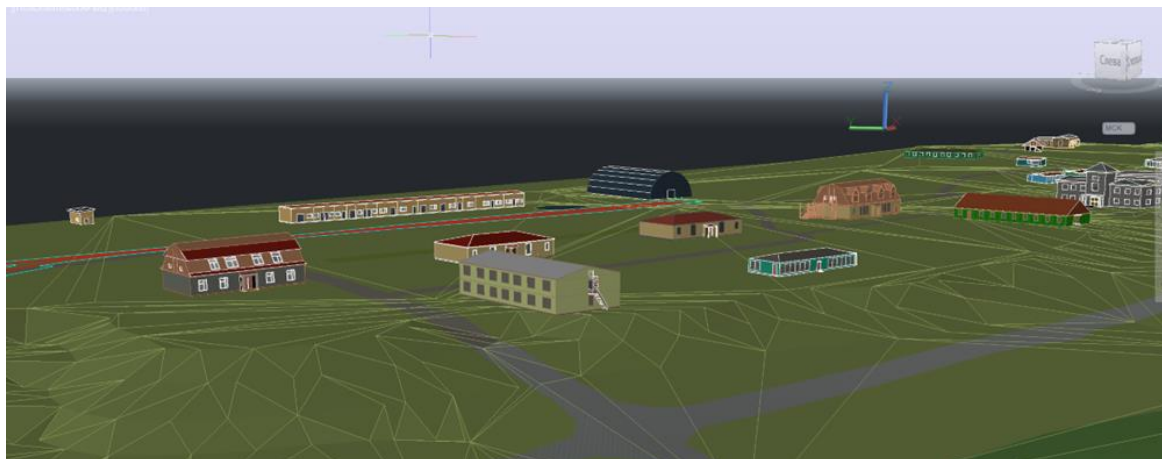


Рис. 3. Модель геобазы в AutoCAD

Для представленной модели данная возможность реализуется благодаря расширению «VR Sketch», посредством которого любой пользователь получает возможность создавать, редактировать и просматривать модель в виртуальной реальности.

Таким образом, существование и доступность, в настоящее время, различных технологических решений и программных продуктов открывает хорошие перспективы для дальнейшего развития разрабатываемых цифровых моделей местности в виртуальной реальности, в том числе для образовательных целей.

Настоящая работа выполнена при поддержке Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» инициативных научных работ, выполняемых студенческими научными коллективами.

### **Литература**

1. Разработка AR/VR приложений. URL: <https://holo.group/> (дата обращения: 10.05.2023).
2. Уваров А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и школа. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii>.



3. Кирилов Н.А. Применение технологий виртуальной реальности в профессиональной подготовке специалистов в области геодезии // Вестник СГУГиТ. – 2022. – №6. – с. 28-38.
4. Кочнева А.А. Методика построения цифровых моделей рельефа по данным воздушного лазерного сканирования // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2017. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-postroeniya-tsifrovyyh-modeley-reliefa-po-dannym-vozdushnogo-lazernogo-skanirovaniya> (дата обращения: 10.05.2023).

### References

1. Development of AR/VR applications. URL: <https://holo.group/> (accessed 05.10.2023).
2. Uvarov A.Yu. Virtual Reality Technologies in Education // Science and School. 2018. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-realnosti-v-obrazovanii>.
3. Kirilov N.A. Application of virtual reality technologies in the professional training of specialists in the field of geodesy // Vestnik SGUGiT. - 2022. - No. 6. – с. 28-38.
4. Kochneva A.A. Technique for constructing digital elevation models based on airborne laser scanning data. Bulletin of SGUGiT (Siberian State University of Geosystems and Technologies). 2017. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-postroeniya-tsifrovyyh-modeley-reliefa-po-dannym-vozdushnogo-lazernogo-skanirovaniya> (accessed 05.10.2023).

© Рыбкина А.М., Кравцова М.А., Беляева К.А., Жлоба Я.С., Сергеев И.В., Шатров И.О., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.*

**Для цитирования:** Рыбкина А.М., Кравцова М.А., Беляева К.А., Жлоба Я.С., Сергеев И.В., Шатров И.О. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕАЛЬНОГО МИРА // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.



Научная статья

Original article

УДК 911.3:711.7

DOI 10.55186/27131424\_2023\_5\_4\_3



## **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ**

**HISTORY OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE  
TRANSPORT SYSTEM OF ANCIENT CITIES**

**Орехов Сергей Юрьевич**, аспирант, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград

**Orekhov Sergey Yurevich**, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad; e-mail: orechow@yandex.ru

### **Аннотация**

В данной статье изучается история формирования и развития транспортной системы древних городов, анализируются транспортные пути от времён неолита до Средневековья, отмечается высокая роль товарообмена в развитии транспортных сетей, выявляются особенности водных и сухопутных транспортных систем древних цивилизаций, приводятся особенности транспортной сети и дорожного строительства Римской империи, рассматривается трансформация транспортной системы в период Средних веков.

### Annotation

This article studies the history of the formation and development of the transport system of ancient cities, analyzes transport routes from the Neolithic to the Middle Ages, notes the high role of commodity exchange in the development of transport networks, identifies the features of water and land transport systems of ancient civilizations, provides features of the transport network and road construction of the Roman Empire, considers the transformation of the transport system during the Middle Ages.

**Ключевые слова:** транспорт, транспортная система, торговля, древние города, Средневековье.

**Key words:** transport, transport system, trade, middle cities, Middle Ages.

Развитие транспортной инфраструктуры соответствует развитию территорий и выступает необходимым связующим компонентом в перемещении людей и грузов [1]. От уровня развития транспортной системы зависят уровень конкуренции и свободы экономической деятельности, возможности для повышения уровня и улучшения условий жизни людей. С этого следует, что транспорт стоит рассматривать не только как отраслевую систему с пассажирами и грузами, но также отдельно идущую отрасль, преобразующую базовые условия жизнедеятельности человека.

Именно такую роль транспорт приобрёл в самом начале своего становления, что обуславливает актуальность исследования формирования древних транспортных систем.

Данная работа посвящена исследованию истории формирования и развития транспортной системы древних городов. В процессе достижения поставленной цели был применен комплекс методов, таких как аналитический, синтетический, индуктивный и дедуктивный. Они позволили обработать разнообразные тематические исследования, научные публикации и релевантные литературные источники, что способствовало получению более

полной картины о транспортной инфраструктуре древних городов. Аналитический метод позволил проанализировать собранные данные и выделить основные закономерности и тенденции в развитии транспортной системы. Синтетический подход способствовал объединению полученных знаний и выводов в единое целое, что позволило увидеть взаимосвязи между различными аспектами транспортной системы. Использование индуктивного и дедуктивного методов помогло выявить общие принципы и закономерности на основе конкретных фактов и данных, а также сделать выводы и предложения для дальнейшего исследования данной темы. Таким образом, сочетание различных методов анализа и обработки информации сыграло ключевую роль в успешном выполнении работы и позволило достичь поставленной цели.

Пути сообщения существуют столь же долго, как и само человечество [2]. Старейшими транспортными путями были реки, которые человек освоил в эпоху мезолита. В неолитический период (VIII-V тыс. до н.э.) племена, живущие на значительных расстояниях, имели наземные пути сообщения, использовавшиеся для обмена ценными ресурса. Эти тропы были связаны с природными формами рельефа, поэтому не оставили вещественных следов. Реконструкция таких путей осуществляется при помощи археологических находок из обнажённых рядом с ними поселений.

Самым старым наземным транспортом являлись ослы-онагры, которых человек одомашнил в Передней Азии к IV тыс. до н.э. В древности, во времена, когда племена Европы находились на стадии неолитической эпохи, они стали искать пути для более удобного передвижения по заснеженным равнинам. Для осуществления этой задачи были разработаны легкие деревянные сани, которые могли использоваться с упряжью собаки.

Что еще более удивительно, со временем образцы этих саней были найдены в прибалтийских и уральских торфяниках, что дает нам основание говорить о повсеместном распространении данного средства передвижения.

Упомянутые сани имели особую конструкцию. Их основание было плоским и изогнутым вперёд, что позволяло облегчить передвижение по снегу. На эту плоскую часть саней устанавливалась грузовая платформа, исходя из ее размеров и назначения. Для обеспечения прочности и стабильности сани дополнялись вертикальными стойками, которые служили опорой для платформы. Таким образом, использование деревянных саней с собачьей упряжью было важным шагом в развитии транспортной системы древних европейских племен. Они позволяли эффективно передвигаться по снежным равнинам и преодолевать длинные расстояния. Открытие образцов таких саней в природных местах свидетельствует о древних традициях и культурных особенностях этих народов.

Изобретение колеса стало революционным вектором развития наземного транспорта, исторически подтвержденным археологическими данными. В VI тыс. до н.э. в древней Месопотамии появился гончарный круг, который стал первым шагом к созданию колеса и его использованию для передвижения. Это открытие имело огромное значение для развития цивилизации. Колесо существенно облегчило перемещение тяжелых грузов и способствовало созданию эффективных средств транспорта. Оно стало основой для разработки различных видов транспортных средств, таких как повозки и телеги, которые значительно улучшили условия жизни и повысили производительность труда. Таким образом, изобретение колеса стало историческим прорывом в развитии наземного транспорта и играло значимую роль в создании общества и его технологического прогресса. С течением времени транспортные технологии продолжали совершенствоваться, однако именно первое появление колеса заложило основу для дальнейшего развития транспортной инфраструктуры и способов передвижения.

Подтвержденные доказательства использования колёсных транспортных средств относятся к IV тыс. до н.э. В III тыс. до н.э. в Малой

Азии использовались двух- и четырёхколёсные повозки. Они высоко ценились и указывали на высокий социальный статус их владельцев.

Основным стимулирующим фактором развития транспортных сетей был обмен, интенсификация которого требовала наличия надёжного транспорта [4]. Активный товарообмен между поселениями определил пути транспортировки, обусловил развитие ремёсел и коммуникации. Развитие коммуникационной сети шло по пути централизации, что выступило сильнейшим стимулом для создания и развития городов, являвшихся в первую очередь крупными торговыми центрами.

Археологические исследования показывают то, что торговля играла ключевую роль в становлении древних городов. Прежде всего, такие города, как Иерихон, который существовал уже девять тысяч лет назад, являлись центрами торговли, как отмечал Э. Анати [6]. Именно это влияние торговли способствовало возникновению городов, а, следовательно, и развитию цивилизации [7]. Однако, первые древние города, возникшие в Передней Азии, вроде Иерихона или Чатал-Хююк, самостоятельно не могли стать основой для цивилизации. В то время производительность и плотность населения не были на должном уровне. Но все равно, их появление имело важное значение, так как они стали отправной точкой для будущего развития и эволюции городов и цивилизации в целом. Таким образом, взаимосвязь между торговлей и становлением городов в глубокой древности играла решающую роль в формировании будущей цивилизации. Города стали центрами торговли, что содействовало их развитию и способствовало расцвету культуры и обмену знаний.

Впоследствии Ближневосточные системы водного транспорта и караванной торговли стали неотъемлемой частью Египетской, Ассирийской, Хеттской, Персидской и Вавилонской империй, удовлетворяя их ресурсные потребности, которые нельзя было удовлетворить с помощью административных или военных инструментов. Возникновение древних

цивилизаций было инициировано коренным сдвигом в земледелии – основе экономической системы того времени. Произошло данное изменение благодаря строительству масштабных ирригационных систем в долинах таких рек, как: Евфрат, Тигр, Хуанхэ и Янцзы, а также в долинах рек Нила, Инда и Ганга. Эти огромные проекты обеспечили нормальное орошение земель и создали хорошие условия для развития сельскохозяйственного производства. Создание подобных инженерных систем сильно повлияло на жизнь обществ тех времен, позволяя увеличить площадь обрабатываемых полей, улучшить качество урожаев и обеспечить стабильное пищевое снабжение. Такие изменения в сельском хозяйстве и экономике стали важным фактором в развитии и укреплении цивилизаций того времени. Они дали толчок к развитию городов и обмену товарами, что стало ключевым в цивилизационном прогрессе. В IV тыс. до н.э. низовьях Тигра и Евфрата возникла первая цивилизация – шумерская.

В условиях нехватки дерева, камня и металла для строительства в Нижней Месопотамии, древние шумеры вынуждены были прибегать к обмену этими ресурсами на избытки сельскохозяйственной продукции. Пользуясь преимуществом плавучих плотов и лодок, способных легко перемещаться по рекам и берегам Персидского залива, а также благоприятной равнинной местности, идеальной для организации торговых караванов, шумеры активно занимались ресурсообменом. Такая форма торговли позволяла шумерам компенсировать ограниченность доступных строительных материалов и металлов, что, в свою очередь, способствовало развитию их общества. Торговый обмен также позволял шумерам расширять свои контакты с другими народами и культурами, что приносило новые идеи, знания и технологии в их общество. Таким образом, несмотря на ограниченность ресурсов в регионе, шумеры смогли эффективно управлять своими ресурсами и развивать процветающую торговую систему, что играло ключевую роль в становлении и развитии их древней цивилизации. В конце IV тыс. до н.э., сформировалась

древнеегипетская цивилизация, а уже в III тыс. до н.э. отмечаются устойчивые торговые связи протяжённостью в сотни миль.

К концу XV в. до н.э. активно развилась морская торговля и соответствующая транспортная сеть [5]. Существовала обширная стойкая сеть каналов обмена, соединяющая восточное Средиземноморье, Африку, Балтику, Финикию, Иберию, Корнуолл и другие области. Исторические связи между Ближним Востоком и европейскими городами не всегда были прочными и устойчивыми. Однако, определенные события, такие как крушение Ахейской Греции и минойской цивилизации, сыграли важную роль в развитии торговой средиземноморской системы, которая оказала значительное влияние на западную часть Европы. В прошлом, контакты между Ближним Востоком и Европой были не такими разветвленными и налаженными, как в других регионах. Однако, различные исторические события способствовали формированию торговых путей и связей между этими регионами. Крушение Ахейской Греции и упадок минойской цивилизации сыграли ключевую роль в возникновении средиземноморской торговой системы, которая стала важным фактором для развития западной Европы. Это торговое взаимодействие с Ближним Востоком способствовало распространению культурных и экономических влияний на западные города Европы. Торговые пути и средиземноморские порты стали основой для обмена товарами, идеями и технологиями между различными регионами. Этот обмен дал возможность западным городам получать доступ к ценным ресурсам и продуктам, что способствовало их развитию и процветанию. Таким образом несмотря на то, что связи между Ближним Востоком и европейскими городами не всегда были устойчивыми, важные исторические события способствовали возникновению торговых связей и средиземноморской торговой системы, которая сыграла значимую роль в развитии западной Европы. Этот процесс взаимодействия оказал влияние на формирование культурных, экономических и социальных аспектов обеих регионов, что сделало его важным этапом в истории развития

и взаимодействия народов. Начиная со II тыс. до н.э. и вплоть до появления железных дорог константой экономической жизни оставался водный путь, которым было выгоднее перевозить большие объёмы товаров.

Популярность водных путей обусловило развитие инфраструктуры – верфей, доков, гаваней и портов [6]. Значительным достижением стало соединение важнейших водных путей искусственными каналами. К наиболее известным древним каналам относятся канал, соединивший Средиземное и Красное моря, построенный Рамсесом II (1386–1328 гг. до н.э.), а также каналы Китая. Наиболее крупный из них тянется на протяжении 400 км и соединяет главные реки страны.

Инфраструктура сухопутного транспорта, несмотря на доминирование водных грузоперевозок, в древних цивилизациях также развивалась [7]. Разветвлённые дорожные сети строились на землях майя и в андской цивилизации (в I-II вв. до н.э.). К середине I тыс. н.э. в Андах сложилась развитая сеть дорог с караванными терминалами и крупной сетью путей для перевозки караванов лам.

Империя инков славилась своими впечатляющими дорожными сетями, протяженность которых поражала своими размерами. Одной из наиболее протяженных дорог была инкская тропа, протяженность которой составляла более 5 тысяч километров. Это впечатляющее число превосходило длину главной дороги Персидской империи, известной как "Царская дорога", в два раза. Да и в общем, дорожная сеть в империи инков была хорошо развита и обширна. Ее общая протяженность достигала 30 тысяч километров, что даже по оценкам некоторых историков превосходило уровень дорожных систем Римской империи. Такие впечатляющие масштабы дорог говорят о высоком уровне развития инков в области инженерии и строительства. Они умели преодолевать территориальные препятствия и создавать надежные коммуникации между удаленными областями своей империи. Такие дороги были не только средством транспортировки товаров и людей, но и служили



важным элементом связи и единства великой империи. Как и в Персидской империи, в Ассирийской также осуществлялось масштабное устройство сухопутных путей сообщения. Транспортная инфраструктура персов объединяла практически весь Древний Восток и была представлена благоустроенными дорогами, пересекавшими территорию государства в разных направлениях.

Хорошие дороги были построены в Греции, однако они использовались преимущественно для сообщения со священными местами. При необходимости перевозки тяжёлых грузов на небольшие расстояния в Древней Греции использовались колеиные дороги. Греция стала местом зарождения термина «логистика», изначально означавшего «счётное искусство», но вскоре получившего прикладное значение применительно к государственному управлению [8]. Логисты контролировали торговую, хозяйственную и финансовую области деятельности страны. Параллельно принципы закупочной логистики применяли ремесленники и цеховые мастера, решавшие многочисленные снабженческие вопросы для обеспечения своего производства поставкой необходимого сырья. Однако актуальнее всего решение логистических вопросов было в военном деле. Именно результаты своевременного и полного снабжения армии продовольствием и оружием способствовали наиболее активному развитию представлений о логистике.

Эталоном развития транспорта в древнем мире была Римская империя, складывавшаяся параллельно с развитием сети дорог. Аппиева дорога, первая мощная дорога в Древнем Риме, имела длину 62 километра и была построена в конце 4 века. до н.э. После этого строительство дорог и мостов приобрело значительный размах: всего было построено 372 магистральных дороги, 29 из которых сходились у Рима, соединяя его с провинциями [9]. В болотистой местности римляне строили дороги с деревянным покрытием, а с III-II вв. до н.э. начали применять бетон.

Дорожное полотно римляне укладывали на крепком каменном основании и выкладывали мелким камнем или плитами. Стандартная ширина дорог составляла 6 м, что давало возможность разъехаться двум повозкам. Римские дороги веками не нуждались в ремонте и позволяли быстро передвигаться и войскам, и обычному транспорту. Покрытие наиболее стратегически или экономически важных дорог имело вид ряда последовательно выложенных слоёв камня и щебня, которые были скреплены известковым раствором.

В Римской империи развитие путей сообщения осуществлялось одновременно с развитием инфраструктуры. На основных дорогах через каждую римскую милю стояли дорожные знаки, были организованы ремонтные службы и станционные дома-гостиницы. Это способствовало большой пропускной способности дорог: император Август мог за световой день проезжать 185 км, а Тиберий за сутки – 350 км. При слаженной работе всех служб и быстрой замене лошадей в среднем за день можно было проехать до 300 км.

Развитая сеть дорог высокого качества обеспечивала Риму связь с провинциями, способствовала экономическому развитию торговли и, в случае необходимости, быстрому перемещению войск. Однако она сыграла роль и в падении империи, облегчив варварам вторжение. Падение Римской империи существенно изменило маршруты транспортной сети, но её основные принципы остались прежними [10]. Вплоть до определенного периода, остатки транспортной инфраструктуры Римской империи и основополагающие принципы упорядоченного городского развития сохраняли свою актуальность. Однако, со временем, стали заметны значительные изменения в облике городов. Когда рабовладельческие общества в Европе переходили к феодальной системе, смена произошла не только в социальной структуре, но и в архитектурной организации городов. Точная и правильная прямоугольная сетка, характерная для римских городов,

уступила место компактной, но менее систематичной застройке, которая теперь окружалась высокими крепостными стенами. Такое изменение обусловлено не только переходом к новой социальной системе, но и нуждой в усилении защиты городов в условиях феодальных столкновений и войн. Тем не менее, стоит отметить, что некоторые элементы римской транспортной инфраструктуры и принципы городской планировки продолжали использоваться в новых условиях. Их отследить можно в архитектурных элементах некоторых городов, которые сохранили черты римского наследия, даже несмотря на перемены, произошедшие в эпоху феодализма. В результате улицы стали узкими и извилистыми. Средневековые градостроители, как и античные, не учитывали индивидуальной интенсивности движения транспорта по отдельным магистралям [11]. Однако в римские времена параметры городских дорог, закладываемые в проект, позволяли колёсному транспорту свободно выполнять свои функции в пределах городских центров. В средневековых же городах Европы многие улицы оказались не приспособлены для проезда повозок, а в некоторых случаях даже всадников.

Социальные изменения, произошедшие в общественном строе, не сказались на характере труда большинства населения, занятого в сельском хозяйстве. Центры, где сосредотачивалась рабочая сила, по-прежнему оставались неизменными, что сказалось на функционировании транспортных сетей. Тем не менее, некоторые факторы препятствовали развитию транспортной инфраструктуры. Феодальное землевладение представляло собой одну из таких преград. Большая часть земель находилась во владении церкви и мелких феодалов, которые стремились изолировать свои поместья от общей коммуникационной сети и создавать самостоятельные системы транспорта для своих нужд. Таким образом, несмотря на социальные изменения, сельское хозяйство продолжало оставаться основным сектором экономики, и транспортные сети вокруг него были практически неизменными. Однако, феодальные интересы и земельное владение ограничивали развитие

транспорта в некоторых областях, что в конечном итоге повлияло на процесс интеграции и коммуникаций в обществе.

В средневековой Европе была создана общая система коммуникаций, связывающая европейские города и окружающие поселения транспортными сетями, чтобы крестьяне и ремесленники могли перевозить и обменивать плоды своего труда в городах. В городах было много узких улиц с нерегулярной трассировкой и застройкой, что затрудняло функционирование транспортной системы. Движение на улицах было хаотичным, пешеходы, телеги и быки двигались вместе.

Упадок уровня материальной культуры, присущий раннему европейскому Средневековью, обусловил угасание транспортной системы, поскольку достигнутый к концу предыдущего периода уровень развития транспорта стал просто не востребован [12]. Новое развитие хозяйственной жизни и городов пришлось на вторую половину Средних веков – XI-XV вв. В этот период активизировалась торговля, что потребовало новых путей коммуникации.

Таким образом, прототипы ныне существующих трансевразийских транспортных сетей сформировались порядка двух тысячелетий назад и в общих чертах сохранили свою географическую конфигурацию. Появление и развитие транспортных систем не было абсолютно необходимым условием для трансформации первобытного строя в цивилизации, однако в значительной степени способствовало этой трансформации и ускоряло её. Напротив, отставание в сфере транспорта приводило к существенной задержке социально-экономического развития. Данная тенденция сохраняется и сегодня: транспорт выступает одним из драйверов развития экономики и общества.

### Литература

1. Авилова Л.И. Древнейшая история дорог и транспорта по данным археологии [Электронный ресурс] // РусАрх. – URL: <http://rusarch.ru/avilova1.htm> (дата обращения: 22.04.2023).
2. Авилова Л.И. История дорог и наземного транспорта по данным археологии // Наука в России. – 2014. – № 4. – С. 104-112.
3. Баженов Ю.М. К вопросу о периодизации истории мировой транспортной системы // Постсоветский материк. – 2022. – № 1. – С. 123-138.
4. Березовская И.П. Транспорт как явление материальной культуры: методическое пособие / И.П. Березовская. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 50 с.
5. Галахов В.И. Транспорт рабовладельческой цивилизации // Мир транспорта. – 2012. – № 6. – С. 196-206.
6. Галахов В.И. Транспорт рабовладельческой цивилизации // Мир транспорта. – 2013. – № 2. – С. 210-222.
7. Дудаков Д.С. Историческая ретроспектива роли транспортных сетей в развитии городов // Architecture and Modern Information Technologies. – 2018. – № 3. – С. 225-243.
8. История науки, техники и транспорта: учебник для вузов / В.В. Фортунатов [и др.]; под общ. ред. В.В. Фортунатова. – М.: Юрайт, 2023. – 432 с.
9. Кузнецов Ю.Ю. Роль транспортной инфраструктуры в развитии региональной экономики // Российское предпринимательство. – 2013. – № 2. – С. 85-90.
10. Леонтьев Р.Г. Краткий экскурс в историю возникновения логистики // Colloquium-journal. – 2022. – № 9. – С. 51-55.
11. Мачерет Д.А. Транспортный фактор в эпоху древних цивилизаций // Мир транспорта. – 2014. – № 2. – С. 230-241.

12. Разуваев А.Д. История развития сухопутной транспортной инфраструктуры: техническая база и экономические аспекты // Мир транспорта. – 2021. – № 19. С. 92-102.

#### Literature

1. Avilova L.I. The most ancient history of roads and transportation according to the data of archeology [Electronic resource] // RusArch. URL: <http://rusarch.ru/avilova1.htm> (date of address: 22.04.2023).
2. Avilova L.I. History of roads and land transportation according to archaeology // Nauka v Rossii. 2014. No. P. 104-112.
3. Bazhenov, Y. M. To the question of periodization of the history of the world transport system // post-Soviet continent. 2022. No 1. P. 123-138.
4. Berezovskaya, I.P. Transport as a phenomenon of material culture: methodical manual / I.P. Berezovskaya. St. Petersburg: St. Petersburg State Univ. of Railway Transport, 2012. 50 p.
5. Galakhov, V.I. Transport of the slave civilization // Mir Transport. 2012. No 6. P. 196-206.
6. Galakhov V.I. Transport of the slave-holding civilization // Mir Transport. 2013. No 2. P. 210-222.
7. Dudakov D.S. Historical retrospective of the role of transportation networks in the development of cities // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. No 3. P. 225-243.
8. History of science, technology and transportation: a textbook for universities / V.V. Fortunatov [et al. Fortunatov [et al]; ed. by V.V. Fortunatov. Fortunatov. Moscow: Yurait, 2023. 432 p.
9. Kuznetsov Yu.Yu. Role of transport infrastructure in the development of regional economy // Russian entrepreneurship. 2013. No 2. P. 85-90.
10. Leontiev, R.G. A brief excursion into the history of logistics emergence // Colloquium-journal. 2022. No 9. P. 51-55.

11. Macheret, D.A. Transport factor in the epoch of ancient civilizations // Mir Transport. 2014. No 2. P. 230-241.
12. Razuvaev A.D. History of land transport infrastructure development: technical basis and economic aspects // World of Transport. 2021. No 19. P. 92-102.

© Орехов С. Ю., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

**Для цитирования:** Орехов С. Ю. ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДРЕВНИХ ГОРОДОВ// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 614.8.084



**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС КАК УГРОЗА СИСТЕМЕ  
ОПОВЕЩЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ**

**ELECTROMAGNETIC PULSE AS A THREAT TO ALERT AND WARNING  
SYSTEM**

**Наумова Татьяна Евгеньевна**, старший научный сотрудник центра «Развитие РСЧС» ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий) (121352, Москва, ул. Давыдовская, 7, тел. 8(495)287-73-05, e-mail:emercom-t@yandex.ru, SPIN-код: 3684-7106

**Naumova Tatiana Evgenievna**, Senior Researcher at the Center “RSChS development” of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry of Emergency Situations of Russia" (Federal Center for Science and High Technologies) (7 Davydkovskaya Str., Moscow, 121352, tel. 8(495)287-73-05, e-mail:emercom-t@yandex.ru , SPIN code: 3684-7106

**Аннотация.** Государство обязано обеспечить своим гражданам одну из основных потребностей - безопасность. Цель статьи - представить проблему того, как электромагнитный импульс может угрожать системе оповещения и



предупреждения людей о различных угрозах. Автор дает оценку тому, смогут ли модернизированные системы, пришедшие на смену механическим, обеспечить безотказное действие в угрожающей ситуации, с которой столкнулась наша страна.

**Abstract.** The State is obliged to provide its citizens with one of the basic needs - security. The purpose of this article is to present the problem of how an electromagnetic pulse can threaten alert and warning system about various threats. The author assesses whether the upgraded systems that have replaced the mechanical ones will be able to ensure trouble-free operation in a threatening situation faced by our country.

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, информирование и оповещение населения, электромагнитный импульс, сирены оповещения, активирующее оборудование, электронные компоненты

**Keywords:** emergencies, informing and alerting the population, electromagnetic pulse, warning sirens, activating equipment, electronic components

Смысл системы сигнализации в том, чтобы быть первым звеном в цепочке оказания помощи и обеспечения безопасности. Как известно, в нашей стране действует Общероссийская комплексная система информирования и оповещения (ОКСИОН). Для обеспечения своевременной передачи населению сигналов оповещения и экстренной информации комплексно могут использоваться: сети электрических и электронных сирен, мощные акустические системы; сети проводного радиовещания и уличной радиофикации; сети эфирного и кабельного телерадиовещания; сети стационарной и мобильной телефонной связи, а также сеть "Интернет".

В настоящее время ОКСИОН не обеспечивает 100% охват населения. Законодательство Российской Федерации определяет, что не менее 75% процентов населения должны проживать в зоне действия стационарных сирен оповещения населения, но и этот показатель не достигнут. Население, которое

не защищено применением стационарных сирен, проживает в мало населенных и сельских районах, а также в небольших городах. Предполагается, что компенсация ограничений системы оповещения с использованием сирен будет обеспечиваться за счет использования других средств оповещения, таких как: система SMS-информирования, телевидение и радио.

В последние годы установлены современные электронные сирены, и они находятся в очень хорошем техническом состоянии. Это современное многофункциональное оборудование, питающееся от однофазной сети; их постоянная готовность защищена батареями, не требующими постоянного надзора персонала. Продолжается и процесс модернизации систем охранной сигнализации. Радиоуправление заменяется мультисистемными базовыми станциями, а электромеханические системы последовательно заменяются электронными сиренами.

Большая часть системы состоит из электрических (механических) сирен старого типа. Они не оснащены системой аварийного электроснабжения и не имеют возможности передавать голосовые сообщения.

Замена старого оборудования на новое в электронной версии свидетельствует о тенденции и желании ответственных органов усовершенствовать систему предупреждения и оповещения. Но в то же время возникает некоторый риск технического характера. Имеющаяся у нас система предупреждения и оповещения потенциально подвергается опасностям, которые исходят как от внешних угроз, в том числе террористического характера, так и угроз внутри страны в виде технических сбоев. Это также важно в случае развития возможного вооруженного конфликта с использованием технологий, которые могут привести к использованию электромагнитного импульса. Нам нужно задать себе вопрос, смогут ли вновь смонтированные системы обеспечить безотказное действие в угрожающей ситуации, с которой столкнулась наша страна?

Электромагнитный импульс (ЭМИ) оказывает влияние на работу радиоэлектронного оборудования. Электромагнитные поля, создаваемые оружием, разработанным и развернутым с намерением производить ЭМИ, имеют высокую вероятность повреждения систем электроснабжения, электроники и информационных систем, от которых зависит общество. Их воздействие на зависимые системы и инфраструктуры может быть достаточным для того, чтобы квалифицироваться как катастрофическое для нации.

Сила электромагнитного импульса зависит от мощности взрыва, а также от высоты взрыва над поверхностью Земли. Например, взрыв бомбы мощностью 1 МТ на высоте 600 км не нанес бы никакого ущерба живым организмам, не вызвал бы значительных радиоактивных осадков, поэтому это не представляло бы существенной угрозы для населения. Однако основной целью такой атаки может быть нанесение значительного ущерба системе электроснабжения, системе связи и системам защиты. Электромагнитный импульс можно сравнить с радиоволной, однако следует выделить некоторые различия между такими волнами. Одно из них заключается в том, что электромагнитный импульс создает гораздо более высокую электрическую силу. Например, если радиосигнал индуцирует импульс в одну тысячную вольта, то в то же время электромагнитный импульс может генерировать импульс напряжением даже в несколько тысяч вольт. Другое отличие - это время прохождения импульса. Нужно понимать, что всплеск энергии вместе со значительным повышением напряжения происходит в сотни раз быстрее, чем при хорошо известном нам разряде молнии, и он также исчезает в течение доли секунды. Именно поэтому установленные системы молниезащиты бесполезны, и они не смогут обеспечить требуемую защиту электрооборудования.

Из-за этого, помимо прочего, мы можем ожидать повреждения телефонов, оборудования радиосвязи, систем зажигания автомобилей и

навигации, воздушного транспорта и компьютеров. Наиболее подвержено повреждению оборудование, подключенное к электрической сети и подвесные антенны. Следовательно, радиостанции потеряли бы свою передающую способность, а энергосистема перестала бы работать. Электронные компоненты приемников с питанием также будут уничтожены, включая те, что установлены на транспортных средствах.

Другой угрозой, возникающей в результате воздействия электромагнитного излучения на природную среду, является повышенная активность ионосферы. Это вызвало бы помехи и даже исключило бы радиосвязь. Наиболее подвержены помехам короткие волны. Мы должны осознавать, что эта проблема в будущем также может коснуться и спутниковой связи и навигации.

В период “холодной войны” электромагнитный импульс был признан серьезной угрозой, которая может повредить и остановить системы вооружения, электросети, коммуникационные сети и всю инфраструктуру, которая зависит от электроники. В настоящее время угрозу использования электромагнитного импульса можно признать как средство угрозы, принуждения или даже электронной войны.

Возникает вопрос, смогут ли уже смонтированные системы предупреждения и оповещения обеспечить защиту населения и сработать в случае применения электромагнитного импульса? Приведенные ранее данные, относящиеся к типам сирен оповещения и их активирующему оборудованию, показывают, что преимущественно они основаны на радиоактивации.

Использование в этом оборудовании батарей, которые предназначены для поддержки их работы в случае отключения электроэнергии, также может быть невозможным из-за их повреждения. Ситуацию не улучшит использование мобильного усилительного оборудования. Другой проблемой является тот факт, что многие транспортные средства будут остановлены, что приведет к пробкам на дорогах в крупных агломерациях.

Восстановление поврежденной инфраструктуры оповещения и предупреждения, если это вообще возможно, не будет осуществлено в короткие сроки, и в течение этого промежутка времени система вообще не будет функционировать. Современные средства связи основаны на электронных системах и очень чувствительны к повреждениям, возникающим в результате электромагнитного импульса. В данном случае у технического прогресса есть не только положительные моменты. Стоит отметить, что оборудование, основанное на клапанной технологии, более устойчиво к электромагнитным импульсам, поэтому именно такой вид оборудования используется вооруженными силами, которые знают о подобных угрозах и знают, как с ними бороться.

Нетрудно представить себе хаос, который может возникнуть в результате внезапного отключения электроснабжения, остановок транспортных средств или потери радиосвязи службами, ответственными за оказание помощи пострадавшим, и отсутствие у них возможности информировать население о событиях и о том, как им следует действовать.

Система оповещения в настоящее время ориентирована на борьбу с последствиями стихийных бедствий, способы связи были преимущественно ориентированы на постоянный доступ к электронному оборудованию, которое используется для оповещения населения. Для них нет альтернативы, когда их использование станет невозможно. Погоня за повсеместной электронизацией и желание компьютеризировать все сферы жизни приводят к угрозе, которую трудно устранить. Представляется, что единственный способ уменьшить последствия возможного ущерба, причиненного использованием электромагнитного импульса, может быть создание альтернативной системы электроснабжения, например, с использованием генераторов на жидком топливе. Однако мы должны отдавать себе отчет в огромной стоимости таких инвестиций.

Конечно, нам необходимо заменить устаревшее оборудование, используемое для предупреждения и оповещения, и в то же время места, где установлены современные системы, также должны быть оборудованы сиренами старого типа, то есть механическими. В случае повреждения инфраструктуры управления современной системой у нас все равно будет возможность обеспечить предупреждение и оповещение с помощью традиционных механических сирен.

### Литература

1. Электромагнитный импульс способы защиты населения. Электронный ресурс. URL: <https://molotokrus.ru/elektromagnitnyy-impuls-sposoby-zaschity-naseleniya/> (дата обращения: 7.06.2023)
2. Преднамеренные электромагнитные воздействия на оборудование энергосистем – угроза национальной безопасности. Электронный ресурс. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/303/6336147.htm> (дата обращения: 17.05.2023)
3. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» (зарегистрирован в Минюсте России 26.10.2020 регистрационный № 60567).
4. Федеральный Закон от 21.12.1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
5. Емельяненко А.Ю., Иванников А.П. Проблемы и перспективы систем оповещения и информирования населения. Электронный ресурс. URL: <https://na-journal.ru/3-2023-informacionnye-tehnologii/4576-problemy-i-perspektivy-sistem-opoveshcheniya-i-informirovaniya-naseleniya> (дата обращения: 17.05.2023)
6. Эстебан Бопп, Джони Дувине Как улучшить системы оповещения: технические, человеческие, экологические и структурные аспекты. URL: [https://www.researchgate.net/publication/349558740\\_How\\_to\\_improve\\_alert\\_systems\\_the\\_technical\\_human\\_environmental\\_and\\_structural\\_aspects](https://www.researchgate.net/publication/349558740_How_to_improve_alert_systems_the_technical_human_environmental_and_structural_aspects) (accessed: 05/17/2023)

### References

1. Electromagnetic pulse methods of protecting the population. Electronic resource. URL: <https://molotokrus.ru/elektromagnitnyy-impuls-sposoby-zaschity-naseleniya/> (accessed: 7.06.2023)
2. Deliberate electromagnetic impacts on the equipment of power systems are a threat to national security. Electronic resource. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/303/6336147.htm> (accessed: 05/17/2023)
3. Order of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters and the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation dated July 31, 2020 No. 578/365 "On Approval of the Regulations on Public Notification Systems" (registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 10/26/2020 Registration No. 60567).
4. Federal Law Dated 21.12.1994, No. 68-FZ "On the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies".
5. Emelianenko A.Yu., Ivannikov A.P. Problems and prospects of public notification and information systems. Electronic resource. URL: <https://na-journal.ru/3-2023-informacionnye-tekhnologii/4576-problemy-i-perspektivy-sistem-opoveshcheniya-i-informirovaniya-naseleniya> (accessed: 05/17/2023)
6. Esteban Bopp, Johnny Douvinet How to improve alert systems: the technical, human, environmental and structural aspects. URL: [https://www.researchgate.net/publication/349558740\\_How\\_to\\_improve\\_alert\\_systems\\_the\\_technical\\_human\\_environmental\\_and\\_structural\\_aspects](https://www.researchgate.net/publication/349558740_How_to_improve_alert_systems_the_technical_human_environmental_and_structural_aspects) (accessed: 05/17/2023)

© Наумова Т.Е., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.*

**Для цитирования:** Наумова Т.Е. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС КАК УГРОЗА СИСТЕМЕ ОПОВЕЩЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.



Научная статья

Original article

УДК 338.242



**АНАЛИЗ СЕМАНТИКИ ПОНЯТИЙ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В  
ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ**

**ANALYSIS OF THE SEMANTICS OF THE CONCEPTS ECONOMIC  
SECURITY AND INFORMATION SECURITY IN THE DIGITAL ECONOMY**

**Назаров Дмитрий Михайлович**, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бизнес-информатики, Уральский государственный экономического университета, г. Екатеринбург, Россия, [slup2005@mail.ru](mailto:slup2005@mail.ru)

**Назаров Антон Дмитриевич**, ассистент кафедры бизнес-информатики, Уральский государственный экономического университета, г. Екатеринбург, Россия, [antonazarov2807@mail.ru](mailto:antonazarov2807@mail.ru)

**Nazarov Dmitry Mikhailovich**, Doctor of Economics, Associate Professor, Head of the Department of Business Informatics, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia, [slup2005@mail.ru](mailto:slup2005@mail.ru)

**Nazarov Anton Dmitrievich**, Assistant of the Department of Business Informatics, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia, [antonazarov2807@mail.ru](mailto:antonazarov2807@mail.ru)

**Аннотация.** Статья представляет собой подробное изучение и сравнение двух важных областей в сферы науки: экономическая безопасность



и информационная безопасность. Приведены определения каждого понятия, их ключевые цели, используемые инструменты и методы, контексты использования и основные роли в науке и практике. Акцент статьи сосредоточен на взаимосвязи и различиях между этими областями науки, подчеркивая их взаимодополняющий характер и важность в современном цифровом мире.

**Abstract.** The article is a detailed study and comparison of two important areas in the field of science: economic security and information security. Definitions of each concept, their key goals, tools and methods used, contexts of use and main roles in science and practice are given. The focus of the article is on the relationship and differences between these fields of science, emphasizing their complementary nature and importance in today's digital world.

**Ключевые слова:** Экономическая безопасность, информационная безопасность, цифровая экономика, семантический и сравнительный анализ.

**Keywords:** Economic security, information security, digital economy, semantic and comparative analysis.

Экономическая безопасность и информационная безопасность – две важных и быстро развивающихся сферы науки в современной цифровой экономике. Цифровая экономика становится все более важной составляющей глобальной экономики. В этом контексте понимание и обеспечение экономической и информационной безопасности является критическим для устойчивого развития и прогресса. С увеличением объемов информации и данных, а также их значимости в экономике растет и число угроз, связанных с этим. Это подчеркивает важность понимания, как обеспечивается информационная и экономическая безопасность в цифровой экономике. Информационная и экономическая безопасность в условиях цифровой экономики все больше взаимодействуют друг с другом, поскольку угрозы информационной безопасности могут подрывать экономическую

стабильность, а экономические кризисы могут влиять на способность обеспечивать информационную безопасность. Поэтому очень важным аспектом изучения этих областей знания становится необходимость разбираться в этих взаимосвязях и в семантике этих понятий. Понимание семантики этих понятий помогает в формулировании эффективных стратегий и мер для обеспечения экономической и информационной безопасности. Это особенно важно для государственных и частных корпораций, правительственных организаций разных стран, которые столкнулись с этими проблемами в процессе перехода к цифровой экономике.

Таким образом, проблемная часть исследования обусловлена необходимостью глубокого понимания этих ключевых понятий и проблем, а также разработкой методов и механизмов для их решения в контексте быстро развивающейся цифровой экономики.

Давайте подробно рассмотрим и проанализируем эти понятия, чтобы понять, в чем заключаются их отличия и как они связаны, а также что может дать такой синтез науке и практике.

В рамках все большего развития цифровых технологий и перехода к цифровой экономике важность таких понятий, как "экономическая безопасность" и "информационная безопасность", неуклонно возрастает. Чтобы адекватно оценить их значение и взаимосвязь, мы должны вначале понять смысл каждого из этих терминов. Определений экономической и информационной безопасности великое множество, но наиболее значимыми, на наш взгляд, считаются следующие пять:

Экономическая безопасность может быть определена следующим образом [4,5, 6,8,9]:

1. это состояние экономики, при котором сохраняется ее способность к устойчивому развитию и удовлетворению потребностей общества, несмотря на различные внутренние и внешние угрозы [4,6].

2. это уровень защиты национальных интересов в экономической сфере, который обеспечивает условия для стабильного социально-экономического развития страны [8,9].
3. это способность экономической системы устойчиво функционировать и развиваться, сопротивляться внешним и внутренним угрозам, и в то же время обеспечивать социальные гарантии для населения [5,6].
4. это способность экономической системы сохранять финансовую стабильность, способности справляться с внешними шоками без социально-экономических последствий [4,9]
5. это способность сохранять экономический суверенитет страны или региона контролировать и управлять своей экономикой, обеспечивая тем самым свое экономическое благополучие и развитие последних[5,8].

Таким образом, экономическая безопасность – это многоуровневое и комплексное понятие, которое охватывает широкий спектр экономических, социальных и политических аспектов. Экономическая безопасность предполагает поддержание стабильного и устойчивого экономического развития, при этом обеспечивая высокий уровень благосостояния и безопасность населения.

Информационная безопасность, в свою очередь, определяется следующим образом [0,2,3,5,10]:

1. это состояние защиты информации и информационных систем от несанкционированного доступа, искажения, изменения, ее безопасного использования [0,10].
2. это защита информации от угроз любого рода, обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности информации [3,10].
3. это комплекс мер, направленных на предотвращение утечки информации, ее несанкционированного использования или искажения [0,2].
4. это область знаний, сосредоточенная на защите информационных активов от различных угроз, в частности, обеспечение безопасности информационных

систем, включая компьютерные системы, сети, базы данных и другие системы, обрабатывающие и хранящие информацию [2,5,10].

5. это область знаний, сосредоточенная на защите информационных активов от различных угроз с точки зрения законов и стандартов регулирования процессов защиты данных, конфиденциальности и интеллектуальной собственности [3,5].

Таким образом, информационная безопасность представляет собой многоуровневую и многогранное понятие, ориентированное на защиту информации во всех ее формах и во всех контекстах.

Для сравнения этих понятий можно использовать семантический, текстовый и сравнительный анализ, которые позволяют более глубоко исследовать содержание и сущность понятий "экономическая безопасность" и "информационная безопасность". Ниже представлена таблица, которая содержит сравнительный анализ этих понятий по ключевым аспектам (см. табл. 1)

Таблица 1. Сравнительный анализ содержательной части понятий "экономическая безопасность" и "информационная безопасность"

<b>Ключевые аспекты</b>	<b>Экономическая безопасность</b>	<b>Информационная безопасность</b>
<b>Фокус</b>	Фокус на сохранении стабильности и функционирования экономической системы.	Фокус на защите информационных активов от различных угроз.
<b>Угрозы</b>	Включает экономические кризисы, политические изменения, социальные напряжения и т.д.	Включает кибератаки, вирусы, вредоносное ПО, несанкционированный доступ и т.д.

<b>Средства обеспечения</b>	Стратегии экономического регулирования, монетарная и фискальная политика, социальные программы и т.д.	Технологии защиты информации, процедуры и политики доступа, законодательство о защите данных и т.д.
<b>Сфера влияния</b>	Влияет на экономику и общество в целом, включая уровень жизни, занятость и т.д.	Преимущественно влияет на сферу информационных технологий и связанные с ней области, но также может влиять на более широкий контекст, включая правительственные учреждения, корпорации.
<b>Методы управления рисками</b>	Макроэкономическое планирование, управление рисками, страхование, резервы и т.д.	Управление информационными рисками, шифрование, многофакторная аутентификация, резервное копирование данных и т.д.

Анализ данных таблицы сопоставления понятий "экономической безопасности" и "информационной безопасности" приводит к следующим выводам. Во-первых, экономическая безопасность и информационная безопасность действуют в разных, но пересекающихся областях, но при этом экономическая безопасность фокусируется на поддержании стабильности и благосостояния экономической системы в целом, в то же время, информационная безопасность специфически сосредоточена на защите

данных и информационных систем, особенно в контексте цифровой экономики. Во-вторых, средства обеспечения экономической безопасности включают экономическое регулирование и политики, в то время как средства обеспечения информационной безопасности включают использование технологий и процедур защиты информации. В-третьих, эти два понятия взаимосвязаны и влияют друг на друга, непосредственно и напрямую, так как угрозы информационной безопасности могут подрвать экономическую стабильность государства, нарушить его суверенитет, в то время как экономические кризисы влияют на способность общества обеспечивать информационную безопасность, потому что они ведут к сокращению инвестиций в технологии защиты информации или снижают способность обеспечивать адекватную защиту информации во всех сферах человеческой деятельности.

В заключение, можно сказать, что в условиях цифровой экономики эти два понятия становятся все более взаимозависимыми, а для обеспечения устойчивого развития в условиях цифровой экономики требуется комплексный подход к обеспечению как экономической, так и информационной безопасности.

### **Литература**

1. Асадуллин, Я. Я. Управление информационной безопасностью центра обработки данных / Я. Я. Асадуллин // Защита информации. Инсайд. – 2020. – № 6(96). – С. 12-22. – EDN BWQKMA.
2. Афанасьева, Д. В. Применение искусственного интеллекта в обеспечении безопасности данных / Д. В. Афанасьева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 151-154. – EDN XNRERS.
3. Бегишев, И. Р. Безопасность критической информационной инфраструктуры Российской Федерации / И. Р. Бегишев // Безопасность бизнеса. – 2019. – № 1. – С. 27-32. – EDN YSOBEL.

4. Важность фактора информационной среды в оценке экономической безопасности страны в условиях цифровой экономики / С. О. Искаджян, И. А. Киселева, А. М. Трамова [и др.] // International Journal of Safety and Security Engineering. – 2022. – Т. 12, № 6. – С. 691-697. – DOI 10.18280/ijssse.120604. – EDN YSKOVY.
5. Ибрагимова, З. М. Информационная безопасность как элемент экономической безопасности / З. М. Ибрагимова, З. Б. Батчаева, А. Л. Ткаченко // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 11(95). – С. 26-33. – EDN AMZDZG.
6. Коломыцева, О. Ю. Специфика обеспечения экономической безопасности предприятий в условиях цифровизации экономики / О. Ю. Коломыцева, В. А. Плотников // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2019. – № 5-1(119). – С. 75-83. – EDN GPYSFU.
7. Назаров Д.М. Data Science и интеллектуальный анализ данных : Учебное пособие / Д. М. Назаров, С. В. Бегичева, Д. Б. Ковтун, А. Д. Назаров. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 304 с. – ISBN 978-5-4497-1931-7. – EDN VQKMUI.
8. Перминов, А. Г. Экономическая безопасность в системе комплексной безопасности предприятия / А. Г. Перминов // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Экономические науки. – 2021. – № 2(28). – С. 33-40. – EDN MUZCIL.
9. Филатова, И. В. Вызовы и угрозы экономической безопасности в рамках реализации стратегии экономической безопасности Российской Федерации до 2030 г / И. В. Филатова // Вестник Московского университета МВД России. – 2017. – № 6. – С. 263-266. – EDN XSVGHB.

10. Чернов, С. Б. Обеспечение безопасности данных в условиях цифровой экономики / С. Б. Чернов, О. С. Новикова // Экономические науки. – 2020. – № 189. – С. 104-109. – DOI 10.14451/1.189.104. – EDN OWKNAU.

### References

1. Asadullin, YA. YA. Upravlenie informacionnoj bezopasnost'yu centra obrabotki dannyh / YA. YA. Asadullin // Zashchita informacii. Insajd. – 2020. – № 6(96). – S. 12-22. – EDN BWQKMA.
2. Afanas'eva, D. V. Primenenie iskusstvennogo intellekta v obespechenii bezopasnosti dannyh / D. V. Afanas'eva // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2020. – № 2. – S. 151-154. – EDN XNRERS.
3. Begishev, I. R. Bezopasnost' kriticheskoj informacionnoj infrastruktury Rossijskoj Federacii / I. R. Begishev // Bezopasnost' biznesa. – 2019. – № 1. – S. 27-32. – EDN YSOBEL.
4. Vazhnost' faktora informacionnoj sredy v ocenke ekonomicheskoj bezopasnosti strany v usloviyah cifrovoj ekonomiki / S. O. Iskadzhyan, I. A. Kiseleva, A. M. Tramova [i dr.] // International Journal of Safety and Security Engineering. – 2022. – T. 12, № 6. – S. 691-697. – DOI 10.18280/ijss.120604. – EDN YSKOVY.
5. Ibragimova, Z. M. Informacionnaya bezopasnost' kak element ekonomicheskoj bezopasnosti / Z. M. Ibragimova, Z. B. Batchaeva, A. L. Tkachenko // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2022. – № 11(95). – S. 26-33. – EDN AMZDZG.
6. Kolomyceva, O. YU. Specifika obespecheniya ekonomicheskoj bezopasnosti predpriyatij v usloviyah cifrovizacii ekonomiki / O. YU. Kolomyceva, V. A. Plotnikov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2019. – № 5-1(119). – S. 75-83. – EDN GPYSFU.
7. Nazarov D.M. Data Science i intellektual'nyj analiz dannyh : Uchebnoe



- posobie / D. M. Nazarov, S. V. Begicheva, D. B. Kovtun, A. D. Nazarov. – Moskva : Aj Pi Ar Media, 2023. – 304 s. – ISBN 978-5-4497-1931-7. – EDN VQKMUI.
8. Perminov, A. G. Ekonomicheskaya bezopasnost' v sisteme kompleksnoj bezopasnosti predpriyatiya / A. G. Perminov // Vestnik Vladimirskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Aleksandra Grigor'evicha i Nikolaya Grigor'evicha Stoletovyh. Seriya: Ekonomicheskie nauki. – 2021. – № 2(28). – S. 33-40. – EDN MUZCIL.
9. Filatova, I. V. Vyzovy i ugrozy ekonomicheskoy bezopasnosti v ramkah realizacii strategii ekonomicheskoy bezopasnosti Rossijskoj Federacii do 2030 g / I. V. Filatova // Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. – 2017. – № 6. – S. 263-266. – EDN XSVGHB.
10. CHernov, S. B. Obespechenie bezopasnosti dannyh v usloviyah cifrovoj ekonomiki / S. B. CHernov, O. S. Novikova // Ekonomicheskie nauki. – 2020. – № 189. – S. 104-109. – DOI 10.14451/1.189.104. – EDN OWKNAU.

© Назаров Д.М., Назаров А.Д. 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" № 4/2023.

**Для цитирования:** Назаров Д.М., Назаров А.Д. Анализ семантики понятий экономическая безопасность и информационная безопасность в цифровой экономике // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" № 4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 614.841.084



**К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ  
ДОКУМЕНТАЦИИ И ТИПОВЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ  
СОЗДАНИИ (РЕКОНСТРУКЦИИ) СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ  
НАСЕЛЕНИЯ**

**ON THE QUESTION OF THE USE OF STANDARD DESIGN  
DOCUMENTATION AND STANDARD DESIGN DECISIONS IN THE  
CREATION (RECONSTRUCTION) OF PUBLIC WARNING SYSTEMS**

**Леонова Алла Николаевна**, научный сотрудник, Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Всероссийский Научно-Исследовательский Институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7), [all\\_leo@mail.ru](mailto:all_leo@mail.ru)

**Леонова Елена Михайловна**, старший научный сотрудник, Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение Всероссийский Научно-Исследовательский Институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7), [elenaleon@mail.ru](mailto:elenaleon@mail.ru)

**Alla N. Leonova**, searcher, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the

Ministry of Emergency Situations of Russia (121352, Moscow, Davydkovskaya st., 7), [all\\_leo@mail.ru](mailto:all_leo@mail.ru)

**Elena M. Leonova**, Senior Researcher, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (121352, Moscow, Davydkovskaya St., 7), [elenaleon@mail.ru](mailto:elenaleon@mail.ru)

**Аннотация.** В современном мире проектирование является неотъемлемой частью создания любой технически сложной системы, в том числе систем оповещения населения. Использование при проектировании типовой проектной документации и типовых проектных решений упрощают и ускоряют процессы разработки проектов и их стандартизации.

**Abstract.** In the modern world, design is an integral part of the creation of any technically complex system, including public warning systems. The use of standard project documentation and standard design solutions in the design process simplifies and speeds up the processes of project development and their standardization.

**Ключевые слова:** система оповещения населения, автоматизированная система, типовая проектная документация, эффективная проектная документация, типовые проектные решения.

**Keywords:** public warning system, automated system, standard design documentation, effective design documentation, standard design solutions.

В современном мире проектирование является неотъемлемой частью создания любой технически сложной системы, в том числе систем оповещения населения, относящихся по функциональному назначению к автоматизированным системам (АС) [1]. Поэтому их создание регламентируется национальными стандартами, в том числе ГОСТ Р 59793 [2], в котором разрешается при необходимости исключать отдельные разделы

проектной документации (ПД), но ничего не сказано о возможности разработки типовых проектных решений (ТПР). Между тем в процессе создания АС некоторые этапы могут быть выполнены по типовым сценариям, использование которых позволит улучшить качество ПД за счет использования единых требований и стандартных форм разработки разделов. Типовая проектная документация (ТПД) и типовые проектные решения. Попробуем разобраться в их отличии на примере разработки проектной документации для создания (реконструкции) систем оповещения населения.

Если обратиться к истории создания систем оповещения населения, то в Советском Союзе строительство систем оповещения ГО велось по типовым проектам на базе выпускаемой в те годы аппаратуры оповещения. Типовые проекты были разработаны для республиканского, областного уровней, а также городов и населенных пунктов с количеством жителей свыше 500 человек. Это была типовая проектная документация, функциональные, технологические, конструктивные, и инженерно-технические решения отличались лишь количеством однотипной аппаратуры оповещения устанавливаемой на каждом уровне управления.

В соответствии с [3] типовой проектной документацией является проектная документация, получившая положительное заключение государственной экспертизы проектной документации и использованная при строительстве, реконструкции объекта капитального строительства, в отношении которого получено разрешение о его вводе в эксплуатацию. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации уполномочено принимать решения о признании проектной документации типовой проектной документацией, за исключением объектов капитального строительства, являющихся объектами военной инфраструктуры Вооруженных Сил Российской Федерации. Постановлением Правительства Российской Федерации от 01.03.2022 № 278 утверждены правила принятия решения о признании проектной документации

типовой проектной документацией и отмены такого решения, а также правила использования типовой проектной документации [4]. Хотя данное постановление напрямую не относится к системам оповещения, так как системы оповещения, как АС, не являются объектами капитального строительства, коротко рассмотрим основные положения правил.

В Правилах принятия решения о признании проектной документации типовой и отмены такого решения [4] установлены критерии, которым должна соответствовать ТПД, а также ее срок применения, составляющий 5 лет со дня включения сведений о ее признании в единый государственный реестр. Правила использования ТПД устанавливают порядок ее использования, в том числе порядок внесения изменений [4].

В настоящее время в целях создания (реконструкции) систем оповещения населения рекомендовано 25 серийно выпускаемых комплексов технических средств оповещения (КТСО) российских производителей [5]. Такое количество разнообразных по функциональным и техническим возможностям КТСО предполагает необходимость обоснования применения при проектировании системы оповещения того или иного КТСО.

В статье 48.2 Градостроительного кодекса Российской Федерации (ГК РФ) [3] отмечено, что ПД, получившая положительное заключение государственной экспертизы проектной документации и использованная при строительстве, реконструкции объекта капитального строительства, в отношении которого получено разрешение о его вводе в эксплуатацию, по решению уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти может быть признана типовой проектной документацией, а технологические, конструктивные, инженерно-технические и иные решения, по решению уполномоченного Правительством Российской Федерации федерального органа исполнительной власти или подведомственного ему государственного (бюджетного или автономного) учреждения могут быть признаны типовой проектной документацией. На это

следует обратить внимание, поскольку при разработке проектных решений по созданию (реконструкции) региональных и муниципальных систем оповещения большое количество технических решений являются типовыми, например, в составе ПД на региональную систему оповещения (РСО) могут разрабатываться типовые решения на муниципальные системы оповещения (МСО), привязка которых будет выполняться при рабочем проектировании. Это очень удобно, в случае отсутствия финансовых средств на создание РСО в полном объеме, поскольку создание МСО может проводиться поэтапно после выделения необходимых финансовых средств без разработки дополнительной ПД.

До 2021 года использовалось понятие «эффективная проектная документация повторного использования», которое с принятием Федерального закона от 01.07.2021 № 275-ФЗ [6], которое было изъято из официального обращения. При этом экономически эффективная проектная документация повторного использования, сведения о которой до 1 октября 2022 года включены в единый государственный реестр заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства, признается типовой проектной документацией.

Использование ТПР повышает уровень качества проектирования, так как проектировщик может не задумываться о форме и содержании документации, а сконцентрироваться на создании оптимального технического решения, соответствующего требованиям заказчика.

В случаях, предусмотренных [частями 1.1 и 1.2 статьи 48 ГК РФ](#) [3], при осуществлении архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции объекта капитального строительства застройщик, технический заказчик, лицо, обеспечившее выполнение инженерных изысканий и (или) подготовку проектной документации, вправе использовать ТПР, подготовленную применительно к объекту капитального строительства аналогичному по назначению, проектной мощности, природным и иным

условиям территории, на которой планируется осуществлять строительство, реконструкцию. В задании на проектирование должны быть указаны реквизиты решения о признании проектной документации типовой проектной документацией, принятого в отношении типовой проектной документации, в соответствии с которой планируется осуществить такие строительство, реконструкцию объекта капитального строительства.

Критерии, устанавливающие аналогичность проектируемого объекта, применительно к ПД, утверждены [приказом Минстроя Российской Федерации от 02.03.2022 № 135/пр](#) [7]. Во-первых, проектируемый объект по назначению, мощности должен соответствовать объекту, в отношении которого принято решение о признании разработанной на него ПД типовой. Во-вторых, природные условия территории, в том числе климатический район и подрайон, ветровой район, снеговой район, интенсивность сейсмических воздействий и др. условия), на которой планируется осуществлять строительство (реконструкцию) проектируемого объекта, должны соответствовать природным условиям территории, на которой расположен объект, проектная документация которого признана типовой. Это еще раз подтверждает возможность повторного использования проектной документации на создание (реконструкцию) системы оповещения при перечисленных выше условиях, а разделы, перечисленные ниже, могут разрабатываться как типовые проектные решения с их привязкой в рабочей документации:

технологические решения по размещению технических средств оповещения;

мероприятия и технические решения по подключению к сетям электроснабжения и телекоммуникаций, системам заземления;

зоны звукопокрытия оконечными средствами оповещения;

мероприятия по обеспечению защиты информации в системе оповещения населения

**По сути ТПР – это сборник документов, позволяющий стандартизировать документацию, упростить процесс ее разработки и сократить время на проведение проверок соответствия документации установленным требованиям государственных, международных и отраслевых стандартов. Содержание ТПР целиком зависит от целей и задач ПД и не подчиняется единому стандарту. В процессе разработки ТПР характеристики – это читаемость, понятность и точность информации, а также корректность юридического оформления наиболее важны в процессе разработки ТПР.**

В заключении можно сказать, что типовая проектная документация и типовые проектные решения являются важным элементом проектного процесса, который позволяет упростить и стандартизировать процесс разработки проектов.

#### **Литература**

1. Совместный приказ МЧС России и Минцифры России от 31 июля 2020 года 31.07.2020 № 578/365 «Об утверждении Положения о системах оповещения населения» (зарегистрирован Минюстом России 26 октября 2020, регистрационный № 60567) [Электронный ресурс] Режим доступа: [garant.ru](http://garant.ru), дата обращения 21.07.2023.
2. ГОСТ Р 59793–2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания [Электронный ресурс] Режим доступа: [allgosts.ru](http://allgosts.ru), дата обращения 09.07.2023.
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ [Электронный ресурс] Режим доступа: [consultant.ru](http://consultant.ru) (дата обращения 09.07.2023).
4. Постановление Правительства РФ от 01.03.2022 № 278 Постановление Правительства РФ от 01.03.2022 № 278 «Об утверждении Правил принятия решений о признании проектной документации типовой



проектной документацией, признании функционально-технологических, конструктивных, инженерно-технических и иных решений, содержащихся в типовой проектной документации, типовыми проектными решениями, Правил использования типовой проектной документации, типового проектного решения, об изменении и признании утратившими силу некоторых актов и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: consultant.ru, дата обращения 09.07.2023.

5. Справочник Технические средства оповещения, [Электронный ресурс] Режим доступа: mchs.gov.ru (дата обращения 06.07.2023).
6. Федеральный закон от 01.07.2021 № 275-ФЗ «О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа: consultant.ru, дата обращения 09.07.2023.
7. Приказ Минстроя Российской Федерации от 02.03.2022 № 135/пр «Об утверждении критериев, на основании которых устанавливается аналогичность проектируемого объекта капитального строительства и объекта капитального строительства, применительно к которому подготовлена проектная документация, в отношении к которой принято решение о применении типовой проектной документации, о внесении изменений в некоторые приказы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации по вопросам применения типовой проектной документации [Электронный ресурс] Режим доступа: normativ.kontur.ru, дата обращения 09.07.2023.

### References

1. Joint order of the Ministry of Emergency Situations of Russia and the Ministry of Digital Development of Russia dated July 31, 2020, July 31, 2020 No. 578/365 “On Approval of the Regulations on Public Warning Systems” (registered by the Ministry of Justice of Russia on October 26, 2020,

- registration No. 60567) [Electronic resource] Access mode: garant .ru, accessed 21.07.2023.
2. GOST R 59793–2021 Information technologies. Set of standards for automated systems. Automated systems. Stages of creation [Electronic resource] Access mode: allgosts.ru, accessed 07/09/2023.
  3. Town Planning Code of the Russian Federation No. 190-FZ dated December 29, 2004 [Electronic resource] Access mode: consultant.ru (accessed July 9, 2023).
  4. Decree of the Government of the Russian Federation of March 1, 2022 No. 278 Decree of the Government of the Russian Federation of March 1, 2022 No. 278 “On Approval of the Rules for Making Decisions on Recognizing Design Documentation as Standard Design Documentation, Recognizing Functional, Technological, Structural, Engineering and Other Solutions Contained in standard design documentation, standard design solutions, Rules for the use of standard design documentation, standard design decision, on the amendment and invalidation of certain acts and certain provisions of certain acts of the Government of the Russian Federation” [Electronic resource] Access mode: consultant.ru, accessed 09.07. 2023.
  5. Directory of Technical means of warning, [Electronic resource] Access mode: mchs.gov.ru (accessed 06.07.2023).
  6. Federal Law No. 275-FZ of July 1, 2021 “On Amendments to the Town Planning Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation” [Electronic resource] Access mode: consultant.ru, accessed 09.07.2023.
  7. Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation No. 135/pr dated March 2, 2022 “On Approval of the Criteria Based on which the Similarity of the Designed Capital Construction Object and the Capital Construction Object Is Established, in relation to which design documentation has been prepared, in relation to which a decision has been made to apply a

standard design documentation, on amendments to some orders of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation on the application of standard project documentation [Electronic resource] Access mode: [normativ.kontur.ru](http://normativ.kontur.ru), accessed 09.07.2023.

© *Леонова А.Н., Леонова Е.М., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" № 4/2023.*

**Для цитирования:** Леонова А.Н., Леонова Е.М. К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ТИПОВЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ (РЕКОНСТРУКЦИИ) СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" № 4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 614.8+351.861



**ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В СФЕРЕ  
ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧС В АРКТИЧЕСКОЙ  
ЗОНЕ**

**PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN THE FIELD OF DIGITAL  
TECHNOLOGIES APPLICATION FOR PROTECTION OF THE POPULATION  
AND THE TERRITORIES FROM EMERGENCIES IN THE ARCTIC ZONE**

**Москвина Наталья Вячеславовна**, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра, ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Федеральный центр науки и высоких технологий) (121352 Россия, г. Москва, Давыдовская, 7), тел. 8(903) 735-15-45, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0747-2963>, [natkamoskvina@mail.ru](mailto:natkamoskvina@mail.ru)

**Moskvina Natalia Vyacheslavovna**, Junior Researcher at the Research Center, FSBI All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies) (121352 Russia, Moscow, Davydkovskaya, 7), tel. 8(903) 735-15-45, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0747-2963>, [natkamoskvina@mail.ru](mailto:natkamoskvina@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы применения цифровых технологий для обеспечения безопасности населения и территорий при ЧС в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) и на Северном морском пути. Отмечено, что действующая нормативно-правовая база по вопросам предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, поиска и спасания на море в АЗРФ разграничивает полномочия разных ведомств, что привело к созданию отдельных информационных систем, которые не обмениваются информацией для повышения эффективности работы межведомственных группировок сил и средств. В ходе учений «Безопасная Арктика – 2023» было выявлено запаздывание в передаче оперативной информации, что привело к недостаточной актуальности данных о составе сил, средств и ресурсов участников и их готовности во время выполнения вводных. Эти проблемы были связаны с ограниченностью каналов передачи необходимой информации в цифровом формате подчиненным силам и средствам. Проблема была вызвана как несовместимостью используемых коммуникационных средств, так и их устарелостью. Решением проблемы является объединение информационных потоков из создаваемой «Росатомом» Единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути и действующей автоматизированной информационно-управляющей системы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Такое взаимодействие может быть организовано специализированным сервисом платформы «ГосТех». Сервис может быть интегрирован с системами управления кризисными ситуациями на местном и региональном уровнях, что позволит эффективно реагировать на угрозы и планировать необходимые силы и средства. Взаимодействие с партнерами из частного сектора в рамках государственно-частного партнерства позволяет обеспечить упреждающее финансирование разработки сервиса.

**Abstract.** The article discusses the use of digital technologies to ensure the safety of the population and territories in emergency situations in the Arctic zone of the

Russian Federation (AZRF) and on the Northern Sea Route. It was noted that the current regulatory framework on the prevention and elimination of emergencies, search and rescue at sea in the Russian Arctic delimits the powers of different departments, which led to the creation of separate information systems that do not exchange information to improve the efficiency of interdepartmental groupings of forces and means. During the Safe Arctic – 2023 exercise, a delay in the transmission of operational information was revealed, which led to insufficient relevance of data on the composition of forces, means and resources of participants and their readiness during the introductory. These problems were associated with the limited channels for transmitting the necessary information in digital format to subordinate forces and means. The problem was caused both by the incompatibility of the communication tools used and their obsolescence. The solution to the problem is to combine information flows from the Unified Platform of Digital Services of the Northern Sea Route created by Rosatom and the current automated information management system of the Unified State System for Emergency Prevention and Response. Such interaction can be organized by a specialized service of the Gostech platform. Such a service can be integrated with crisis management systems at the local and regional levels, which will allow you to effectively respond to threats and plan the necessary forces and means. Interaction with partners from the private sector within the framework of public-private partnership allows for proactive financing of the development of the service.

**Ключевые слова:** *Арктическая зона Российской Федерации, чрезвычайные ситуации, Северный морской путь, арктические комплексные аварийно-спасательные центры, цифровая платформа, АИУС РСЧС-2030, защита населения и территорий от ЧС*

**Keywords:** *Arctic zone of the Russian Federation, emergencies, Northern Sea Route, Arctic integrated rescue centers, digital platform, AIUS RChS-2030, protection of the population and territories from emergencies*

Из-за суровых погодных условий и множества факторов, таких как удаленность населенных пунктов, ограниченность транспортной и коммуникационной инфраструктуры, а также повышенная вероятность аварий на промышленных объектах из-за суровых условий эксплуатации, предупреждение и реагирование на чрезвычайные ситуации (ЧС) в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) является сложной задачей.

Применение цифровых технологий [1] предоставляет множество преимуществ для обеспечения безопасности населения и территорий при ЧС. Одним из ключевых преимуществ является улучшение возможностей сбора и анализа данных, что позволяет делать более точные прогнозы относительно потенциальных угроз и уязвимостей в конкретных областях. Эти данные могут быть использованы экстренными службами и местными органами власти для разработки более эффективных планов реагирования на ЧС при ограниченных ресурсах. Кроме того, цифровые технологии могут повысить осведомленность служб, эксплуатирующих технические объекты и объекты транспорта, а также населения о потенциально опасных ситуациях, предоставляя актуальные обновления в режиме реального времени через специализированные программы или мобильные приложения. Этим обусловлена ценность и актуальность применения новых цифровых технологий для предупреждения и реагирования на ЧС в АЗРФ.

Целью данной статьи является рассмотрение возможности повышения эффективности реагирования на ЧС за счет улучшения оперативной связи и координации между различными ведомствами и регионами в АЗРФ, а также за счет разработки специализированных планов и механизмов реагирования на различные сценарии ЧС при условии обеспечения необходимыми ресурсами и квалифицированным персоналом. Особое внимание уделено развитию новых технологий и методов, которые помогут эффективно управлять рисками и преодолевать трудности в условиях арктической зоны.

В качестве задач исследования выступают:

- анализ нормативно-правовой базы по вопросам предотвращения и ликвидации ЧС, поиска и спасания на море в АЗРФ;
- анализ итогов межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации (Безопасная Арктика – 2023), прошедшего в начале апреля 2023 года с точки зрения доведения необходимого объема информации в цифровой форме до задействованных сил и средств;
- анализ применяемых и разрабатываемых в настоящее время цифровых платформ и систем для повышения безопасности в АЗРФ и выработка предложений по их развитию;
- раскрытие возможности использования государственно-частного партнерства (ГЧП) как способа решения проблемы привлечения необходимых и достаточных финансовых средств для внедрения цифровых технологий повышения качества информационного взаимодействия при предотвращении ЧС или реагировании на их последствия в АЗРФ.

Методологическую основу исследования составляют теоретические методы: сравнительно-правовой, аналитический. Методом эмпирического исследования является эксперимент, проведенный в рамках «Безопасной Арктики – 2023».

В результате исследования сформулированы способы информационного обмена между силами и средствами федеральных органов исполнительной власти, имеющих подсистемы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) в АЗРФ с использованием механизма ГЧП.

В сфере предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в АЗРФ существуют два параллельных направления в нормативно-правовой базе. Первое направление связано с разработкой и выполнением международных договоров и соглашений, а также с координацией действий между



участниками региональных систем поиска и спасения. Руководство и контроль за реализацией международных обязательств в этой сфере осуществляется Министерством транспорта Российской Федерации. Второе направление связано с защитой населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также с организацией системы поиска и спасения на море на территории Российской Федерации и в её экономической зоне. Деятельность в этом направлении в соответствии с законодательством осуществляется МЧС России.

Большая часть акватории Северного морского пути находится в границах территориальных вод (12 морских миль) и исключительной экономической зоны (200 морских миль) или континентального шельфа Российской Федерации [2]. В исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе действуют международные договоры и соглашения, и Россия имеет определенные суверенные права, но не может ограничивать проход иностранных судов. В территориальных водах суверенитет принадлежит России, и МЧС России осуществляет свою деятельность в этих районах.

Документы стратегического планирования подчеркивают неразрывные связи между Арктической зоной Российской Федерации (АЗРФ) и Северным морским путем (СМП) с географической, исторической и экономической точек зрения [3]. Это явно указывает на необходимость активного участия МЧС России в обеспечении безопасности как в акватории СМП, так и в АЗРФ.

Выполняя положения стратегических документов, МЧС России разработало систему комплексной безопасности для защиты населения и территорий в арктической зоне. Эта система основана на сети арктических комплексных аварийно-спасательных центров (АКАСЦ) [4], которым назначены зоны ответственности, включающие сухопутные территории и акватории. Каждый АКАСЦ взаимодействует информационно с соответствующими территориальными управлениями МЧС России и

Национальным центром управления в кризисных ситуациях МЧС России (НЦУКС).

В апреле 2023 года в рамках «Безопасной Арктики – 2023» [5] проводилась оценка эффективности информационного взаимодействия сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации, включая обеспечение эффективного информационного взаимодействия при проведении аварийно-спасательных работ и других неотложных работ (АСДНР) на акватории Северного морского пути. В ходе учений были выявлены некоторые проблемы, такие как использование ненадежных средств доставки информации (например, электронная почта), наличие отдельных правил информационного взаимодействия для каждой пары взаимодействующих ведомств, которые предусматривают обмен информацией по телефону или факсу, а также запаздывание в передаче оперативной информации, что привело к недостаточной актуальности данных о составе сил, средств и ресурсов участников и их готовности к выполнению АСДНР. Эти проблемы были связаны с ограниченностью каналов передачи необходимой информации в цифровом формате подчиненным силам и средствам. И это происходило, несмотря на то что информация уже была обобщена и преобразована в цифровой вид различными ситуационными и антикризисными центрами. Проблема была вызвана как несовместимостью используемых коммуникационных средств, так и их «моральной старостью».

Начиная с 2018 года, АО «Росатом» является инфраструктурным оператором Северного морского пути (СМП) [6]. С августа 2021 года, ИТ-интегратор «Гринатом», который является частью «Росатома», работает над созданием Единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути (ЕПЦС СМП) [7]. Эта платформа будет ключевым компонентом цифровой экосистемы СМП, которая разрабатывается в рамках федерального проекта «Развитие Северного морского пути» Госкорпорации «Росатом» в период до

2024 года, входящего в Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры [8]. Все эти усилия направлены на развитие цифровой экосистемы СМП в соответствии с инициативой социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года «Круглогодичный Северный морской путь» [9].

Основная цель этой платформы заключается в управлении операциями по перевозке грузов и пассажиров в рамках Северного морского пути. Она предоставляет необходимые ресурсы для планирования маршрутов, отслеживания движения судов, прогнозирования погодных условий и координации портовых операций. Кроме того, платформа предоставляет информацию о состоянии акватории и экологической обстановке в регионе, а также цифровые имеет сервисы, обеспечивающие безопасность на водных путях СМП. Создание ЕПЦС СМП направлено на эффективное использование потенциала этого транспортного маршрута и стимулирование развития региональной экономики [10].

Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути разрабатывается с учетом того, чтобы быть основой для цифровой экосистемы. Способ решения – предоставление открытого доступа к своим программным интерфейсам (API), библиотекам и инструментам, чтобы разработчики имели возможность создавать приложения и сервисы, которые могут работать на этой платформе, дополняя ее базовые функции. Такой подход позволит расширять функциональность платформы, разрабатывать новые функции и интеграции, а также привлекать новых пользователей. Более того, все сервисы, предоставляемые платформой, будут взаимосвязаны между собой.

С 1 октября 2019 года в центральном аппарате и территориальных органах МЧС России введена в постоянную эксплуатацию автоматизированная информационно-управляющая система РСЧС (АИУС РСЧС) [11]. Эта система предназначена для обеспечения информационного

взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти, государственными корпорациями, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями в рамках РСЧС [12].

В соответствии с Планом мероприятий на 2020–2024 годы [13] по реализации Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года [14] предусмотрено «Внедрение и развитие АИУС РСЧС на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях» и «...развитие единого информационного пространства РСЧС на основе технического сопряжения информационных систем».

Как правильно отмечено в источнике [15], есть настоятельная необходимость модернизировать и развивать АИУС РСЧС с целью создания единой цифровой экосистемы РСЧС. Предлагаемая экосистема способствует сотрудничеству и интеграции информационных ресурсов между различными уровнями и ведомствами. Она также обеспечивает эффективное предупреждение и устранение чрезвычайных и кризисных ситуаций на всех уровнях управления.

В описанной ситуации две цифровые платформы одновременно развиваются и частично решают похожие задачи, поэтому очевидна необходимость координации действий заказчиков этих систем в части организации обмена информацией.

В конце 2022 года была утверждена Концепция создания и функционирования единой цифровой платформы Российской Федерации под названием «ГосТех» [16]. Согласно этой Концепции, различные ведомства, структуры и предприятия могут быть объединены в домены деятельности, которые предлагают набор сервисов. Это, в свою очередь, позволит достичь кросс-ведомственного исполнения процессов, избежать дублирования

функционала, снизить затраты на разработку и ускорить внедрение сервисов. Кроме того, «ГосТех» поддерживает различные механизмы интеграции с государственными информационными системами.

Архитектура платформы «ГосТех» ориентирована на предоставление сервисов и в силу технических ограничений она не подходит для оперативной связи, но может быть использована для повышения информационной осведомленности и для создания единого информационного пространства, в котором обеспечен доступ к информации ЕПЦС СМП и АИУС РСЧС.

Как Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути, так и АИУС РСЧС могут предоставлять информацию для соответствующего сервиса «ГосТех». Такой сервис может быть интегрирован с системами управления кризисными ситуациями на местном и региональном уровнях, что позволит эффективно реагировать на угрозы и планировать необходимые силы и средства.

Следует отметить, что создание ЕПЦС СМП осуществляется с использованием средств субсидий из федерального бюджета, выделенных для создания цифровой экосистемы Северного морского пути, и предоставляемых участникам проекта - федеральным унитарным предприятиям [17]. АИУС РСЧС также была создана и финансируется из средств федерального бюджета. В условиях ограниченности бюджетов на всех уровнях государственной бюджетной системы Российской Федерации и попыток сократить дефицит, ожидать увеличения финансирования для интеграции двух систем является сложной задачей.

Вместе с тем, в настоящее время широко применяется механизм создания информационных систем с использованием государственно-частного партнерства. Например, только на платформе Росинфра [18] с 2015 по 2022 годы в области информационных технологий было реализовано:

- 7 проектов ГЧП по 224-ФЗ на сумму 220 млрд.рублей;
- 6 концессий согласно 115-ФЗ на сумму 550 млн. рублей;

- 2 инвестиционных соглашения на сумму 25 млн. рублей;
- по 1 договору аренды (с инвестиционными обязательствами) и ГЧП на основе регионального законодательства на суммы 59 и 197 млн. рублей соответственно.

Создание сервиса на платформе «ГосТех» представляется возможным в рамках государственно-частного партнерства.

Таким образом, можно отметить, что цифровые технологии способны быстро собирать данные, анализировать их и точно прогнозировать возможные угрозы, что позволяет принимать соответствующие меры реагирования при необходимости. Разрабатываемые МЧС России и «Росатомом» системы решают ряд вопросов общих для обеспечения безопасности на СМП и в АЗРФ, что требует интеграции информации. Решением объединения информационных потоков из двух систем может стать создание специализированного сервиса в рамках платформы «ГосТех». Взаимодействие с партнерами из частного сектора позволило бы обеспечить упреждающее финансирование разработки сервиса, а также открывает новые возможности для разработки инновационных решений, направленных на решение различных проблем в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций.

### Литература

1. Сулоева Н. В. Информационные технологии в вопросах обеспечения безопасности населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // ЖУРНАЛ «НАУЧНЫЙ ЛИДЕР» ВЫПУСК №52 (97) — URL: <https://scilead.ru/article/3594-informatsionnie-tekhnologii-v-voprosakh-obesp> (дата обращения: 10.07.2023). – Текст: электронный.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.09.2020 № 1487 «Об утверждении Правил плавания в акватории Северного морского пути» / Официальный интернет-портал правовой информации. — Обновляется в течение суток. — URL:

- <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202009220024> (дата обращения: [10.07.2023](https://www.yandex.ru/calendar/2023/10/07)). – Текст : электронный.
3. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033> (дата обращения: [10.07.2023](https://www.yandex.ru/calendar/2023/10/07)). - Текст : электронный.
4. Чижиков Э.Н., Краснова Л.В. «Подходы к обеспечению безопасности населения и территорий Арктической зоны Российской Федерации в современной геополитической обстановке» // Технологии гражданской безопасности, том 19, 2022, № 3 (73). С. 22–24.
5. Глава МЧС России Александр Куренков подвел итоги масштабного учения «Безопасная Арктика-2023» // Официальный сайт МЧС России. - Обновляется в течение суток. - URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4987577> (дата обращения: [10.07.2023](https://www.yandex.ru/calendar/2023/10/07)). - Текст : электронный.
6. Федеральный закон от 27.12.2018 № 525-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201812280008?rangeSize=10> (дата обращения: [10.07.2023](https://www.yandex.ru/calendar/2023/10/07)). - Текст : электронный.
7. «Росатомфлот заказал создание единой платформы цифровых сервисов Северного морского пути» / Официальный сайт ФГУП «Росатомфлот» в сети Интернет. Обновляется в течение суток. - URL: <http://www.rosatomflot.ru/press-centr/novosti-predpriyatiya/2022/02/08/11418-rosatomflot-zakazal-sozdanie-edinoy->



- platformy-cifrovyh-servisov-severnogo-morskogo-puti/ (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 г. № 2101-р / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201810110055> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
  9. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.10.2021 № 2816-р / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202110070028> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
  10. Луцык А.Ю. Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути / Официальный сайт Союза промышленников и предпринимателей Мурманской области в сети Интернет. - URL: [https://sppmo.ru/img/all/95\\_lucyk\\_epcs\\_smp\\_291122.pdf](https://sppmo.ru/img/all/95_lucyk_epcs_smp_291122.pdf) (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
  11. Приказ МЧС России от 01.10.2019 № 549 «О вводе в постоянную (промышленную) эксплуатацию и утверждении Положения о Многоуровневом сегменте АИУС РСЧС-2030 на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях» (не публиковался)
  12. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102084851> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
  13. Приказ МЧС России от 20.07.2020 № 537 «Об утверждении Плана мероприятий на 2020–2024 годы по реализации Стратегии в области



развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» (не публиковался)

14. Указ Президента Российской Федерации от 16.10.2019 № 501 «О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года» / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910160046> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
15. Нехорошев С.Н., Кудрявцев А.Н., Попов А.П., Свентская Н.В. «О цифровом развитии единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» // Технологии гражданской безопасности, том 18, 2021 (СПЕЦВЫПУСК). С. 60 –67.
16. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.10.2022 № 3102-р / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202210250029> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 12.01.2023 № 8 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на обеспечение создания цифровой экосистемы Северного морского пути» / Официальный интернет-портал правовой информации. - Обновляется в течение суток. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301160013> (дата обращения: [10.07.2023](#)). - Текст : электронный.

18. Платформа для подготовки проектов и привлечения инвестиций в инфраструктуру / Официальный сайт - URL: <https://rosinfra.ru/спец/gcp-v-it#2> (дата обращения: [10.07.2023](https://rosinfra.ru/спец/gcp-v-it#2)). - Текст : электронный.

### References

1. Suloeva N. V. Information technologies in matters of ensuring the safety of the population and territories from emergency situations // JOURNAL "SCIENTIFIC LEADER" ISSUE No. 52 (97) – URL: <https://scilead.ru/article/3594-informatsionnie-tekhnologii-v-voprosakh-obesp> (accessed: 10.07.2023). – Text: electronic.
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1487 dated 18.09.2020 "On approval of the Rules of navigation in the waters of the Northern Sea Route" / Official Internet portal of Legal Information. – Updated during the day. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202009220024> (accessed: 10.07.2023). – Text : electronic.
3. Decree of the President of the Russian Federation No. 645 dated 10/26/2020 "On the Strategy for the development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035" / Official Internet Portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202010260033> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
4. Chizhikov E.N., Krasnova L.V. "Approaches to ensuring the security of the population and territories of the Arctic zone of the Russian Federation in the modern geopolitical situation" // Technologies of civil security, vol. 19, 2022, № 3 (73). P. 22-24.
5. The head of the Ministry of Emergency Situations of Russia Alexander Kurenkov summed up the results of the large-scale exercise "Safe Arctic-2023" // Official website of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - Updated

- during the day. - URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4987577> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
6. Federal Law No. 525-FZ of 27.12.2018 "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" / Official Internet Portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201812280008?rangeSize=10> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
  7. "Rosatomflot has ordered the creation of a unified platform for digital services of the Northern Sea Route" / The official website of FSUE Rosatomflot on the Internet. Updated during the day. - URL: <http://www.rosatomflot.ru/press-centr/novosti-predpriyatiya/2022/02/08/11418-rosatomflot-zakazal-sozdanie-edinoy-platformy-cifrovyyh-servisov-severnogo-morskogo-puti> / (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
  8. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2101-r of September 30, 2018 / Official Internet Portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201810110055> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
  9. Decree of the Government of the Russian Federation No. 2816-r dated 06.10.2021 / Official Internet portal of legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202110070028> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
  10. Lutsyk A.Yu. Unified platform of digital services of the Northern Sea Route / Official website of the Union of Industrialists and Entrepreneurs of the Murmansk region on the Internet. - URL: [https://sppmo.ru/img/all/95\\_lucyk\\_epcs\\_smp\\_291122.pdf](https://sppmo.ru/img/all/95_lucyk_epcs_smp_291122.pdf) (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.

11. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 01.10.2019 No. 549 "On commissioning into permanent (industrial) operation and Approval of the Regulations on the Multi-level segment of AIUS RSChS-2030 at the federal, interregional and regional levels" (not published)
12. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 794 of December 30, 2003 "On the Unified State system of prevention and liquidation of emergency situations" / Official Internet portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102084851> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
13. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 07/20/2020 No. 537 "On Approval of the Action Plan for 2020-2024 for the Implementation of the Strategy for the Development of Civil Defense, Protection of the Population and Territories from Emergencies, fire safety and human safety on Water bodies for the period up to 2030" (not published)
14. Decree of the President of the Russian Federation No. 501 dated 16.10.2019 "On the Strategy for the development of civil defense, protection of the population and territories from emergency situations, ensuring fire safety and human safety on water bodies for the period up to 2030" / Official Internet Portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910160046> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
15. Nekhoroshev S.N., Kudryavtsev A.N., Popov A.P., Svetskaya N.V. "On digital development of the unified state system of prevention and liquidation of emergency situations" // Technologies of civil security, volume 18, 2021 (SPECIAL ISSUE). pp. 60-67.
16. Order of the Government of the Russian Federation of 21.10.2022 No. 3102-r / Official Internet portal of legal information. - Updated during the day. - URL:

<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202210250029>

(accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.

17. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 8 dated 12.01.2023 "On Approval of the Rules for Granting Subsidies from the Federal Budget to Ensure the Creation of a Digital Ecosystem of the Northern Sea Route" / Official Internet Portal of Legal Information. - Updated during the day. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301160013> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.
18. Platform for preparing projects and attracting investments in infrastructure / Official website - URL: <https://rosinfra.ru/spec/gcp-v-it#2> (accessed: 10.07.2023). - Text : electronic.

© Москвина Н.В., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.*

**Для цитирования:** Москвина Н.В. ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В СФЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧС В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 004.85



**РАСПОЗНАВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

**RECOGNITION OF ROAD SIGNS USING CONVOLUTIONAL NEURAL  
NETWORK**

**Стахеева Алина Алексеевна**, магистрант, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, [stahееva.a@narfu.ru](mailto:stahееva.a@narfu.ru)

**Крайников Александр Николаевич**, магистрант, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, [krajnikov.a@edu.narfu.ru](mailto:krajnikov.a@edu.narfu.ru)

**Вяткин Дмитрий Андреевич**, старший преподаватель, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, [d.vyatkin@narfu.ru](mailto:d.vyatkin@narfu.ru)

**Stakheeva Alyona Alekseevna**, Master's student, M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, [stahееva.a@narfu.ru](mailto:stahееva.a@narfu.ru)

**Krajnikov Alexander Nikolaevich**, Master's student, M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, [krajnikov.a@edu.narfu.ru](mailto:krajnikov.a@edu.narfu.ru)

**Vyatkin Dmitry Andreevich**, Senior Lecturer, M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, [d.vyatkin@narfu.ru](mailto:d.vyatkin@narfu.ru)

**Аннотация.** Одной из важнейших задач автопилотирования автомобиля является распознавание дорожных знаков. В данной статье рассматривается возможность распознавания знаков ПДД на изображениях с помощью сверточных нейронных сетей. Для этого в данной работе был написан код для модели определения дорожных знаков на языке Python, а затем эта модель была обучена на большом наборе данных с изображениями различных дорожных знаков. Также был написан код для применения уже обученной модели к входным изображениям и вывода результата на экран. На основании тестирования модели на изображениях различной сложности был сделан вывод о качестве распознавания дорожных знаков обученной моделью.

**Annotation.** One of the most important tasks of autopiloting a car is the recognition of road signs. This article discusses the possibility of recognizing traffic signs in images using convolutional neural networks. To do this, in this paper, code was written for a model for determining road signs in Python, and then this model was tested on a large data set with images of various road signs. Code was also written to apply the already trained model to the input image and output the result to the screen. Based on testing the model on images of varying complexity, a conclusion was made about the quality of recognition of road signs by the trained model.

**Ключевые слова:** автопилотирование автомобиля, дорожные знаки, сверточные нейронные сети, машинное обучение, Python, распознавание на изображении.

**Keywords:** car autopiloting, road signs, convolutional neural networks, machine learning, Python, image recognition.

### **Постановка задачи и входные данные**

Необходимо разработать программу на языке Python для определения дорожного знака по изображению. В качестве входных данных был использован общедоступный набор данных с изображениями 43 различных знаков дорожного движения. Данная задача будет решена с помощью

различных методов компьютерного зрения и сверточных нейронных сетей. Так как нам необходимо определять класс дорожного знака, то будет реализована именно задача классификации.

Рассмотрим данные, которые будут использоваться для обучения. Исходный набор данных представляет собой структурированный датасет с изображениями различных знаков правил дорожного движения. В данном датасете имеется более 35000 изображений 43 различных видов дорожных знаков. Пример изображения из этого набора данных показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Пример изображения из набора данных

В качестве входных данных кроме датасета нам также понадобится файл формата «csv», в котором прописаны номера классов для каждого знака и их названия соответственно. Как выглядит данный файл показано на рисунке 2.

```
labels.csv
1 ClassId,Name
2 0,Speed limit (20km/h)
3 1,Speed limit (30km/h)
4 2,Speed limit (50km/h)
5 3,Speed limit (60km/h)
6 4,Speed limit (70km/h)
7 5,Speed limit (80km/h)
8 6,End of speed limit (80km/h)
9 7,Speed limit (100km/h)
10 8,Speed limit (120km/h)
```

Рисунок 2 – Файл с номерами классов и названиями знаков

Проверить качество обученной модели и точность определения ею знаков ПДД будем на случайных снимках из интернета.

Для того чтобы классификация дорожных знаков на входных изображениях стала возможной нужно решить несколько задач. Первоочередная задача заключается в создании и обучении самой модели. Далее будет необходимо написать программу, которая обрабатывает входные



изображения так, чтобы обученная модель могла с ними работать. А также надо выводить получившийся результат в виде исходного изображения, на котором написано название дорожного знака и процентная вероятность того, что это он.

### Обучение модели

Для начала необходимо создать проект и загрузить в него входной набор данных с изображениями и файл формата «csv», в котором прописаны номера классов для каждого знака и их названия соответственно. У нас будет 2 файла с кодом, один для обучения модели, а второй для настройки входного изображения, тестирования уже обученной модели и вывода результата на экран. Далее рассмотрим создание и обучение модели. Для начала подключим все необходимые библиотеки (листинг 1).

Листинг 1 – Подключение библиотек для первого файла

```
# Подключение библиотек:
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib
matplotlib.use('TkAgg')
import pandas as pd
import random
import cv2
import os

from sklearn.model_selection import train_test_split
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from keras.optimizers import Adam
from keras.utils.np_utils import to_categorical
from keras.layers import Dropout, Flatten
from keras.layers.convolutional import Conv2D, MaxPooling2D
```

```
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
```

Далее опишем некоторые важные параметры (листинг 2). В параметр «path» записываем имеющийся набор данных с изображениями, в «labelFile» – файл с идентификационным номером класса и его названием. Далее прописываем числовые данные для самого процесса обучения, указываем размер изображений и процентную составляющую тестовой и валидационной выборок от всего датасета.

Листинг 2 – Описание параметров

```
path = 'myData' # набор данных с изображениями
labelFile = 'labels.csv' # файл с идентификационным номером класса знака и
его названием
batch_size_val = 20 # размер батчей
steps_per_epoch_val = 1000 # количество итераций
epochs_val = 16 # количество эпох
imageDimesions = (32,32,3) # размер изображения
testRatio = 0.2 # процент тестовой выборки от всего количества данных
validationRatio = 0.2 # процент валидационной выборки от всего количества
данных
```

Далее нужно импортировать изображения из всех папок и поместить их в один массив «images», а идентификатор класса для каждого изображения запишем в массив «classNo» (листинг 3).

Листинг 3 – Импортирование изображений

```
# Импортирование набора данных с изображениями
count = 0
images = []
classNo = []
myList = os.listdir(path)
```

```

print('Обнаружено классов:', len(myList))
noOfClasses=len(myList)
for x in range (0,len(myList)):
    myPicList = os.listdir(path+"/"+str(count))
    for y in myPicList:
        curImg = cv2.imread(path+"/"+str(count)+"/"+y)
        images.append(curImg)
        classNo.append(count)
    print(count, end = " ")
    count +=1
print(" ")
images = np.array(images)
classNo = np.array(classNo)

```

Далее разделим имеющийся набор данных на обучающую, валидационную и тестовую выборки (листинг 4). «X\_train» в данном случае это массив изображений для обучения, а «y\_train» это соответствующий идентификатор класса данного изображения.

Листинг 4 – Разбиение набора данных на выборки

```

# Разбиение набора данных на обучающую, валидационную и тестовую
выборки с указанием их процентного соотношения
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(images, classNo,
test_size=testRatio)
X_train, X_validation, y_train, y_validation = train_test_split(X_train, y_train,
test_size=validationRatio)

```

Выведем размеры обучающей, валидационной и тестовой выборок. На всякий случай сделаем проверку для каждой выборки на соответствие количества изображений и классов для них. А также сравним размеры

изображений в наборе данных с тем размером изображений, который будет у обучаемой модели. Все это представлено в листинге 5.

Листинг 5 – Проверка изображений

```
# Вывод размеров обучающей, валидационной и тестовой выборки
print("Data Shapes:")
print("Train ", end = "")
print(X_train.shape,y_train.shape)
print("Validation ", end = "")
print(X_validation.shape,y_validation.shape)
print("Test ", end = "")
print(X_test.shape,y_test.shape)
# Проверка изображений для каждой выборки на соответствие количества
изображений и классов для них
assert(X_train.shape[0]==y_train.shape[0])
assert(X_validation.shape[0]==y_validation.shape[0])
assert(X_test.shape[0]==y_test.shape[0])
# Проверка размеров изображений в наборе данных с тем размером
изображений, который будет у обучаемой модели
assert(X_train.shape[1:]==(imageDimesions))
assert(X_validation.shape[1:]==(imageDimesions))
assert(X_test.shape[1:]==(imageDimesions))
```

Теперь прочитаем файл формата «csv», в котором прописаны номера классов для каждого дорожного знака и их названия соответственно (листинг 6).

Листинг 6 – Чтение «csv» файла

```
# Чтение файла с номерами классов для каждого дорожного знака и их
названиями соответственно
data = pd.read_csv(labelFile)
```

```
print("Data shape ", data.shape, type(data))
```

На данном этапе в консоль выводятся следующие результаты как показано на рисунке 3.

```
Обнаружено классов: 43
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42
Data Shapes:
Train (22271, 32, 32, 3) (22271,)
Validation (5568, 32, 32, 3) (5568,)
Test (6960, 32, 32, 3) (6960,)
Data shape (43, 2) <class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
```

Рисунок 3 – Выведенные размеры

Предварительная обработка изображений представлена в листинге 7. Для начала преобразуем изображение в оттенки серого, стандартизируем контрастность и затем нормализуем значения так, чтобы вместо от 0 до 255 было от 0 до 1.

Листинг 7 – Функция обработки изображений

```
# Функция обработки изображений
def preprocessing(img):
    img = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY) # превращение
изображения в серое
    img =cv2.equalizeHist(img) # выравнивание контрастности изображения
    img = img/255 # нормализуем значения так, чтобы вместо от 0 до 255 было
от 0 до 1
    return img
```

Добавим изображениям глубину, аугментируем их и отобразим примеры таких дополнительных изображений (листинг 8).

Листинг 8 – Добавление глубины изображениям, их аугментация и отображение нескольких полученных изображений

```
# Аугментация изображений
X_train=np.array(list(map(preprocessing,X_train)))
```

```

X_validation=np.array(list(map(preprocessing,X_validation)))
X_test=np.array(list(map(preprocessing,X_test)))
X_train = X_train.reshape(X_train.shape[0], X_train.shape[1], X_train.shape[2], 1)
X_validation = X_validation.reshape(X_validation.shape[0],
X_validation.shape[1], X_validation.shape[2], 1)
X_test = X_test.reshape(X_test.shape[0], X_test.shape[1], X_test.shape[2], 1)
dataGen = ImageDataGenerator(width_shift_range = 0.1, height_shift_range = 0.1,
zoom_range = 0.2, shear_range = 0.1, rotation_range = 10)
dataGen.fit(X_train)
batches = dataGen.flow(X_train, y_train,batch_size=20)
X_batch, y_batch = next(batches)

```

Далее преобразуем наши выборки с номерами классов в двоичные матрицы классов (листинг 9).

Листинг 9 – Преобразование выборок с номерами классов

```

# Преобразуем вектор класса выборок в двоичную матрицу классов
y_train = to_categorical(y_train,noOfClasses)
y_validation = to_categorical(y_validation,noOfClasses)
y_test = to_categorical(y_test,noOfClasses)

```

Примеры некоторых изображений после аугментации показаны на рисунке 4.

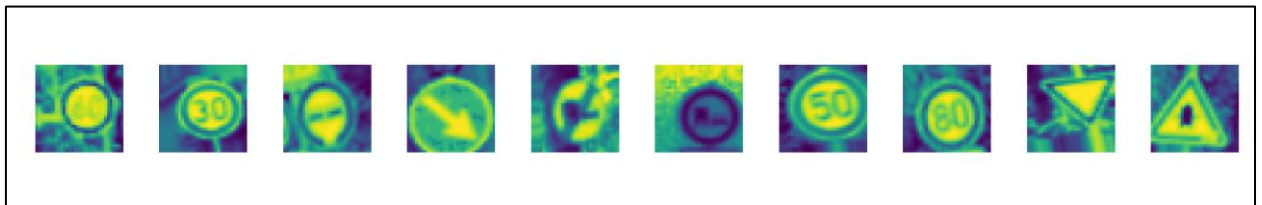


Рисунок 4 – Изображения после аугментации

Напишем функцию создания модели для сверточной нейронной сети (листинг 10).

Листинг 10 – Создание модели сверточной нейронной сети

```
# Модель сверточной нейронной сети
def myModel():
    no_Of_Filters=60
    size_of_Filter=(5,5)
    size_of_Filter2=(3,3)
    size_of_pool=(2,2)
    no_Of_Nodes = 500
    model= Sequential()

    model.add((Conv2D(no_Of_Filters,size_of_Filter,input_shape=(imageDimesions[
0],imageDimesions[1],1),activation='relu')))
    model.add((Conv2D(no_Of_Filters, size_of_Filter, activation='relu')))
    model.add(MaxPooling2D(pool_size=size_of_pool))
    model.add((Conv2D(no_Of_Filters//2, size_of_Filter2,activation='relu')))
    model.add((Conv2D(no_Of_Filters // 2, size_of_Filter2, activation='relu')))
    model.add(MaxPooling2D(pool_size=size_of_pool))
    model.add(Dropout(0.5))
    model.add(Flatten())
    model.add(Dense(no_Of_Nodes,activation='relu'))
    model.add(Dropout(0.5))
    model.add(Dense(noOfClasses,activation='softmax'))

    model.compile(Adam(lr=0.001),loss='categorical_crossentropy',metrics=['accuracy
'])
    return model
```

Теперь приступим непосредственно к обучению нашей модели (листинг 11).

## Листинг 11 – Обучение модели

```
# Обучение модели
model = myModel()
print(model.summary())
history =
model.fit_generator(dataGen.flow(X_train,y_train,batch_size=batch_size_val),
steps_per_epoch=steps_per_epoch_val, epochs=epochs_val,
validation_data=(X_validation,y_validation), shuffle=1)
```

Опытным путем было выяснено лучшее значение коэффициента «epochs\_val», которое отвечает за количество итераций в обучении модели. Для данного набора данных было решено остановиться на «epochs\_val» равному 16. В итоге обученная модель имеет следующие значения метрик: «Loss = 0.049», «Accuracy = 0.985».

Также для наглядного понимания успешности обучения модели для определения класса дорожного знака отобразим графики точности обучения и потерь для модели в зависимости от номера эпохи (листинг 12). График точности обучения модели показан на рисунке 5, а график потерь – на рисунке 6.

## Листинг 12 – Графики с результатами обучения модели

```
# Графики результатов обучения модели
plt.figure(1)
plt.plot(history.history['loss'])
plt.plot(history.history['val_loss'])
plt.legend(['training','validation'])
plt.title('loss')
plt.xlabel('epoch')
plt.figure(2)
plt.plot(history.history['accuracy'])
```



```
plt.plot(history.history['val_accuracy'])  
plt.legend(['training','validation'])  
plt.title('acurracy')  
plt.xlabel('epoch')  
plt.show()  
score = model.evaluate(X_test,y_test,verbose=0)  
print("Test Loss:",score[0])  
print("Test Accuracy:",score[1])
```

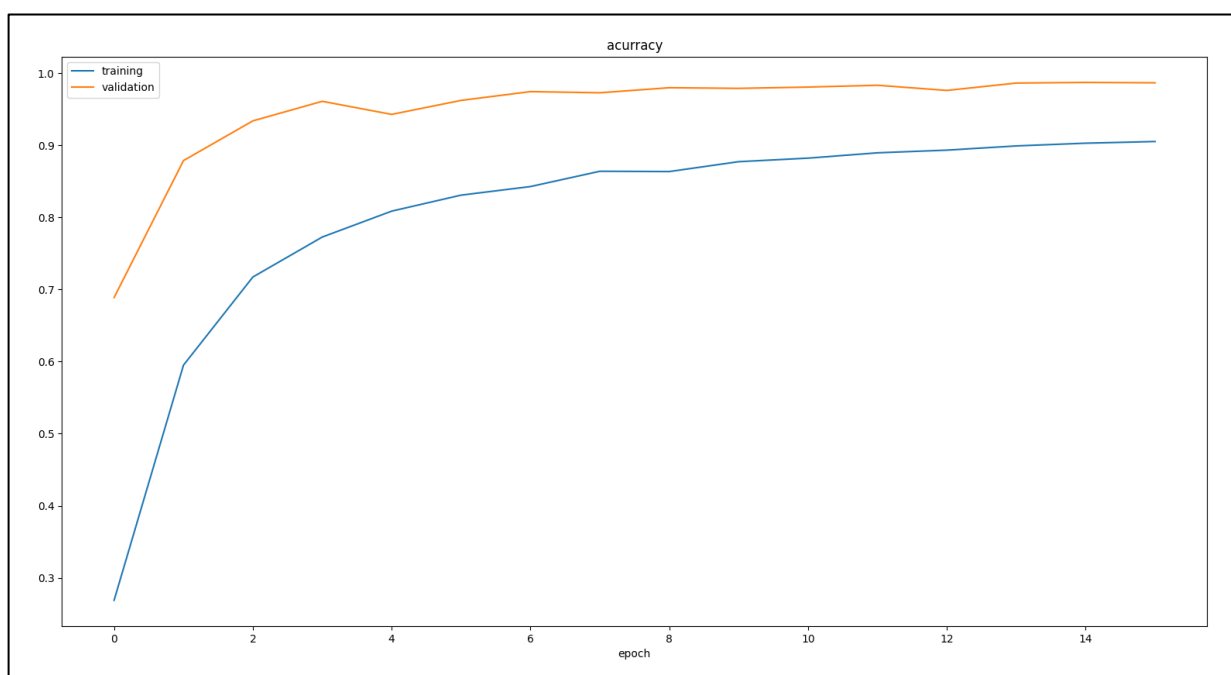


Рисунок 5 – Точность обучения модели в зависимости от номера эпохи

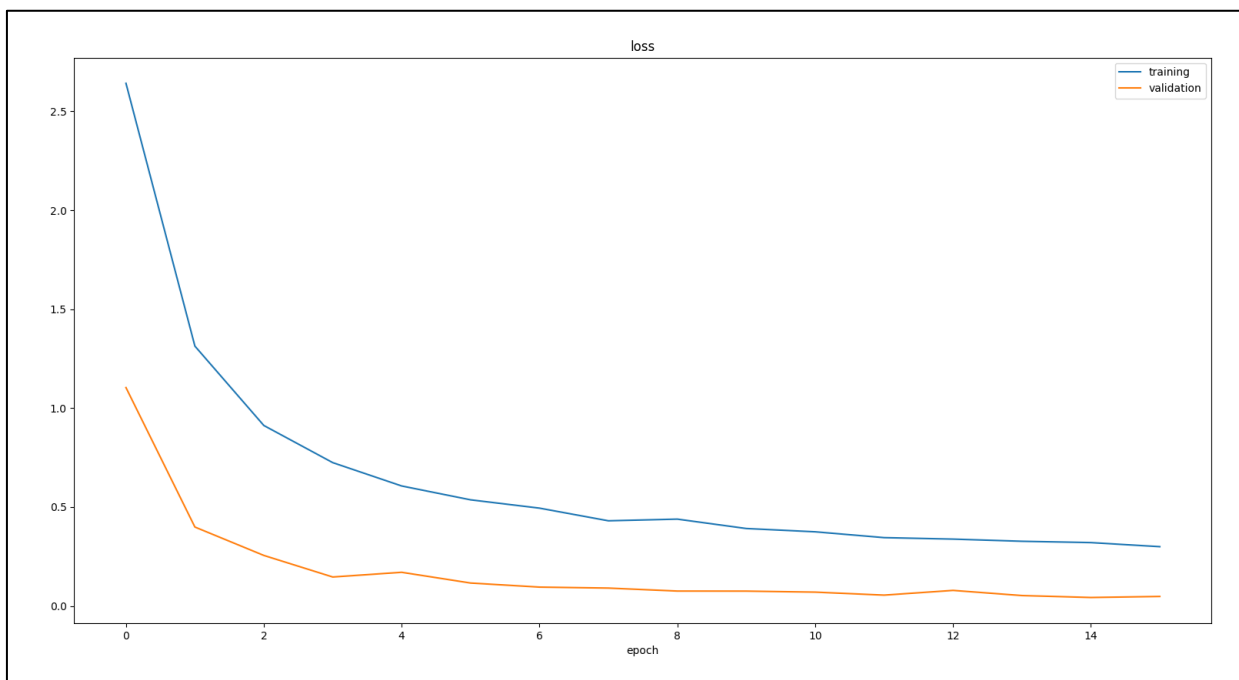


Рисунок 6 – Потери при обучении модели в зависимости от номера эпохи  
Осталось только сохранить нашу обученную модель (листинг 13).

Листинг 13 – Сохранение обученной модели

```
# Сохранение модели
model.save('model_v16')
```

Теперь у нас есть модель для определения дорожных знаков, которая была обучена на большом наборе данных.

### **Определение дорожных знаков с помощью обученной модели**

Создадим второй файл с кодом для настройки входного изображения, тестирования уже обученной модели и вывода результата на экран. Для начала подключим все необходимые библиотеки (листинг 14).

Листинг 14 – Подключение библиотек для второго файла

```
# Подключение библиотек
from tensorflow import keras
import cv2
import numpy as np
```

Добавим некоторые важные параметры (листинг 15). Параметр «threshold» обозначает порог точности обнаружения дорожного знака, при котором знак будет считаться определенным правильно. Параметр «font» нужен для возможности добавления текста прямо на изображение.

Листинг 15 – Добавление параметров

```
threshold = 0.6 # порог точности обнаружения дорожного знака для
срабатывания
font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX # переменная для добавления текста
на изображение
```

Необходимо загрузить обученную модель (листинг 16).

Листинг 16 – Загрузка обученной модели

```
# Загрузка обученной модели
model = keras.models.load_model('model_v16')
```

Далее напишем функцию, чтобы при вызове которой по идентификационному номеру выводилось само название дорожного знака (листинг 17).

Листинг 17 – Функция для вывода названия дорожного знака по его идентификационному номеру

```
# Вывод названия дорожного знака по его идентификационному номеру
def getClassNo(classNo):
    if classNo == 0: return 'Speed limit (20km/h)'
    elif classNo == 1: return 'Speed limit (30km/h)'
    elif classNo == 2: return 'Speed limit (50km/h)'
    elif classNo == 3: return 'Speed limit (60km/h)'
    elif classNo == 4: return 'Speed limit (70km/h)'
    elif classNo == 5: return 'Speed limit (80km/h)'
    elif classNo == 6: return 'End of speed limit (80km/h)'
```

```
elif classNo == 7: return 'Speed limit (100km/h)'
elif classNo == 8: return 'Speed limit (120km/h)'
elif classNo == 9: return 'No passing'
elif classNo == 10: return 'No passing for vechiles over 3.5 metric tons'
elif classNo == 11: return 'Right-of-way at the next intersection'
elif classNo == 12: return 'Priority road'
elif classNo == 13: return 'Yield'
elif classNo == 14: return 'Stop'
elif classNo == 15: return 'No vechiles'
elif classNo == 16: return 'Vechiles over 3.5 metric tons prohibited'
elif classNo == 17: return 'No entry'
elif classNo == 18: return 'General caution'
elif classNo == 19: return 'Dangerous curve to the left'
elif classNo == 20: return 'Dangerous curve to the right'
elif classNo == 21: return 'Double curve'
elif classNo == 22: return 'Bumpy road'
elif classNo == 23: return 'Slippery road'
elif classNo == 24: return 'Road narrows on the right'
elif classNo == 25: return 'Road work'
elif classNo == 26: return 'Traffic signals'
elif classNo == 27: return 'Pedestrians'
elif classNo == 28: return 'Children crossing'
elif classNo == 29: return 'Bicycles crossing'
elif classNo == 30: return 'Beware of ice/snow'
elif classNo == 31: return 'Wild animals crossing'
elif classNo == 32: return 'End of all speed and passing limits'
elif classNo == 33: return 'Turn right ahead'
elif classNo == 34: return 'Turn left ahead'
elif classNo == 35: return 'Ahead only'
```

```
elif classNo == 36: return 'Go straight or right'  
elif classNo == 37: return 'Go straight or left'  
elif classNo == 38: return 'Keep right'  
elif classNo == 39: return 'Keep left'  
elif classNo == 40: return 'Roundabout mandatory'  
elif classNo == 41: return 'End of no passing'  
elif classNo == 42: return 'End of no passing by vechiles over 3.5 metric tons'
```

В листинге 18 представлен код, который выполняет следующие действия:

- чтение входного изображения;
- обработка входного изображения;
- добавление на входное изображение таких слов как «Class» и «Probability»;
- предсказание отношения дорожного знака на входном изображении к каждому классу;
- поиск максимального предсказанного результата в массиве;
- поиск индекса максимального элемента в массиве (класса дорожного знака);
- вывод максимально возможного предсказанного результата и его индекса в консоль;
- сравнение порогового значения для срабатывания с предсказанным;
- в случае успешного обнаружения знака: добавление на входное изображение номера класса и его название, а также процентную вероятность предсказания знака;
- вывод на экран входного изображения с написанными на нем результатами;
- закрытие окна с результатом с помощью нажатия клавиши «esc».

Листинг 18 – Код для работы со входным изображением, предсказания дорожного знака и вывода результата на экран

```
# Основная часть программы
while True:
    imgOriginal = cv2.imread('60gg.jpg') # загрузка входного изображения, на
    котором необходимо определить знак
    img = np.asarray(imgOriginal) # превращение изображения в массив
    img = cv2.resize(img, (32, 32)) # изменение размера изображения
    img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY) # превращение
    изображения в серое
    img = cv2.equalizeHist(img) # выравнивание контрастности изображения
    img = img/255 # нормализуем значения так, чтобы вместо от 0 до 255 было
    от 0 до 1
    img = img.reshape(1, 32, 32, 1) # изменение формы массива
    cv2.putText(imgOriginal, "Class:", (20, 35), font, 0.75, (0, 0, 255), 2,
    cv2.LINE_AA) # добавление на исходное изображение слова "Класс"
    cv2.putText(imgOriginal, "Probability:", (20, 75), font, 0.75, (255, 0, 0), 2,
    cv2.LINE_AA) # добавление на исходное изображение слова "Вероятность"
    predictions = model.predict(img) # применение обученной модели к
    изображению
    probabilityValue = np.amax(predictions) # поиск максимальной точности
    отношения дорожного знака к одному из классов
    # Поиск максимально возможного предсказанного результата и его
    индекса
    max_el = 0
    ind_max = 0
    for i in range(0, 43):
        if predictions[0,i] > max_el:
            max_el = predictions[0,i]
```

```

ind_max = i
assert(probabilityValue==max_el)
print('Максимальный элемент:', max_el, '\nИндекс максимального
элемента:', ind_max)
if probabilityValue > threshold: # сравнение предсказанной точности
отбараужения знака с пороговым значением для срабатывания
    cv2.putText(imgOriginal, str(ind_max)+" = "+str(getClassName(ind_max)),
(100,35), font, 0.75, (0,0,255), 2, cv2.LINE_AA) # добавление на исходное
изображение номера класса и его названия
    cv2.putText(imgOriginal, str(round(max_el*100,2))+"%", (160,75), font,
0.75, (255,0,0), 2, cv2.LINE_AA) # добавление на исходное изображение
вероятность определения знака в процентах
    cv2.imshow("Result image", imgOriginal) # вывод на экран входного
изображения с написанными на нем результатами
    # Закрытие окна с результатом с помощью нажатия клавиши «esc»
    if cv2.waitKey(0) & cv2.waitKey(10) == 27:
        break
cv2.destroyAllWindows()

```

При распознавания дорожного знака с помощью обученной модели представлен на рисунке 7.



## Рисунок 7 – Пример распознавания дорожного знака

### Тестирование обученной модели

Проверим нашу обученную модель на различных изображениях, чтобы оценить ее работоспособность.

Обученная модель смогла со 100% вероятностью правильно определить дорожный знак на изображениях относительно хорошего качества, где знак занимает почти все пространство. С изображениями, где знак занимает почти все пространство изображения, но качество гораздо хуже, модель справилась так же хорошо, однако понизилась вероятность определения. То есть можно сделать вывод, что понижение качества изображения не играет большой роли для определения знака, однако пока это качество не станет критически плохим.

С фотографиями, где знак отдален от наблюдателя, модель справилась гораздо хуже. Обученная модель успешно определила только 33% знаков, остальные же либо определены неправильно, либо вообще не определены. Этот результат вполне логичен, так как изображения в наборе данных, по которым обучалась модель, обрезаны так, что на них виден только сам знак, и поэтому модели сложно работать с изображениями, где много лишнего. В дальнейшем можно попытаться исправить это тем, что на изображении будет находиться дорожный знак, затем изображение нужно будет обрезать так, чтобы обнаруженный знак занимал почти все пространство изображения, и только потом применять нашу обученную модель.

Для изображений, на которых дорожный знак имеет некий разворот или угол наклона, результаты определения класса с помощью модели средние. Обученная модель успешно определила только 60% знаков, остальные же либо определены неправильно, либо вообще не определены.

После просмотра результатов определения знаков ПДД для изображений с плохими погодными условиями, в темное время суток и с небольшой испорченностью знака можно сделать вывод, что если данные



условия проявляются лишь немного, то модель вполне успешно справляется со своей задачей. Однако если из-за таких условий скрыты почти все очертания знака или потеряны его основные элементы, то определить знак будет невозможно или модель это сделает с очень маленькой вероятностью.

Модель плохо работает с изображениями, на которых находятся сразу несколько знаков, а все дело в том, что в коде прописан поиск только одного наибольшего значения массива, поэтому данная модель может предсказать один наиболее явный дорожный знак. Для исправления этой ситуации нужно перед задачей классификации сначала решать задачу определения и уже по всем найденным знакам ПДД определять их принадлежность.

Со знаками, на которых что-то нарисовано, модель ведет себя по-разному в зависимости от уровня изменения знака. То есть наша модель может справляться только с небольшими изменениями самих знаков.

После всех протестированных изображений можно сделать вывод, что данная модель успешно определяет знаки ПДД, однако сильнее всего на ее работоспособность влияют наличие большого пространства вокруг знака или других знаков, очень плохие погодные условия, которые не позволяют рассмотреть очертания знака и какие-нибудь рисунки на самом знаке.

Однако есть еще такой фактор, как величина обучающей выборки для каждого из знаков. Для изображений, у которых была относительно небольшая выборка, даже при хорошем входном изображении вероятность их определения не высокая, так что количество изображений в наборе данных тоже играет большую роль.

### **Заключение**

В ходе работы на основе большого набора данных была создана и обучена сверточная нейронная сеть для классификации дорожных знаков на входных изображениях. В качестве работы с исходными данными была выполнена аугментация изображений, их преобразование в градации серого и выравнивание гистограммы. Точность определения итоговой модели на

тестовой части набора данных в среднем равна 0.985, что является высоким показателем. Так что можно сделать вывод, что сверточные нейронные сети подходят для распознавания и классификации дорожных знаков изображениях.

Слабым местом обученной модели являются изображения с большим пространством вокруг самого дорожного знака, наличие нескольких знаков, плохие погодные условия, дополнительные элементы на самом знаке и знаки, имеющие менее 400 исходных экземпляров в наборе данных. Однако проблемы с отдаленностью дорожного знака от наблюдателя, наличие нескольких элементов на изображении и малое количество исходных изображений для обучения вполне решаемы с помощью написания дополнительных функций.

### Литература

1. Traffic Sign Classification [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / CV Zone – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.computervision.zone/courses/traffic-sign-classification/>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
2. Archive Meta Data [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Electronic research data archive – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://sid.erda.dk/public/archives/daaeac0d7ce1152aea9b61d9f1e19370/published-archive.html>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
3. Как работает сверточная нейронная сеть (CNN) [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Neurohive – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set/>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
4. Расширяем датасет с помощью Data Augmentation в Tensorflow [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Python school – Электрон. дан. –

- Режим доступа: <https://python-school.ru/blog/data-augmentation/>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
5. Обзор Keras для TensorFlow [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Хабр – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/482126/>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
  6. Слои Keras: параметры и свойства keras 5 [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Python Ru – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://pythonru.com/biblioteki/sloi-keras-parametry-i-svoystva-keras-5>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
  7. Шпаргалка по OpenCV — Python [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Tproger – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/opencv-python-guide/>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
  8. NumPy, часть 1: начало работы [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Python 3 для начинающих – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://pythonworld.ru/numpy/1.html>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
  9. Split Your Dataset With scikit-learn's train\_test\_split() [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Real Python – Электрон. дан. – Режим доступа: [https://realpython.com/train-test-split-python-data/#application-of-train\\_test\\_split](https://realpython.com/train-test-split-python-data/#application-of-train_test_split), свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.
  10. ML\_CNN — about the batch size , epochs , steps , steps\_per\_epoch , iteration [Электронный ресурс]: [официальный сайт] / Medium – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://medium.com/@pinyuanhuang/ml-cnn-about-the-batch-size-epochs-steps-steps-per-epoch-iteration-6d6f9b4621f7>, свободный (дата обращения: 09.08.2023). – Загл. с экрана.

### References

1. Traffic Sign Classification [Electronic resource]: [official. website] / CV Zone – Electron. дан. – Access mode:

- [https://www.computervision.zone/courses/traffic-sign-classification /](https://www.computervision.zone/courses/traffic-sign-classification/), free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
2. Archive Meta Data [Electronic resource]: [official. website] / Electronic research data archive – Electron. dan. – Access mode: <https://sid.erda.dk/public/archives/daaeac0d7ce1152aea9b61d9f1e19370/publicshed-archive.html> , free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  3. How the convolutional neural network (CNN) works [Electronic resource]: [ofic. website] / Neurohive – Electron. dan. – Access mode: [https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set /](https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set/), free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  4. Expanding the dataset using Data Augmentation in Tensorflow [Electronic resource]: [ofic. website] / Python school – Electron. dan. – Access mode: [https://python-school.ru/blog/data-augmentation /](https://python-school.ru/blog/data-augmentation/), free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  5. Review of Keras for TensorFlow [Electronic resource]: [official. website] / Habr – Electron. dan. – Access mode: [https://habr.com/ru/articles/482126 /](https://habr.com/ru/articles/482126/), free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  6. Keras layers: parameters and properties of keras 5 [Electronic resource]: [ofic. website] / Python Ru – Electron. dan. – Access mode: <https://pythonru.com/biblioteki/sloi-keras-parametry-i-svoystva-keras-5> , free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  7. Cheat sheet on OpenCV — Python [Electronic resource]: [official. website] / Tproger – Electron. dan. – Access mode: [https://tproger.ru/translations/opencv-python-guide /](https://tproger.ru/translations/opencv-python-guide/), free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
  8. NumPy, part 1: getting started [Electronic resource]: [ofic. website] / Python 3 for beginners – Electron. dan. – Access mode: <https://pythonworld.ru/numpy/1.html> , free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.

9. Split Your Dataset With scikit-learn's train\_test\_split() [Electronic resource]: [ofic. website] / Real Python – Electron. dan. – Access mode: [https://realpython.com/train-test-split-python-data/#application-of-train\\_test\\_split](https://realpython.com/train-test-split-python-data/#application-of-train_test_split) , free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.
10. ML\_CNN — about the batch size , epochs , steps , steps\_per\_epoch , iteration [Electronic resource]: [official. website] / Medium – Electron. dan. – Access mode: <https://medium.com/@pinyuanhuang/ml-cnn-about-the-batch-size-epochs-steps-steps-per-epoch-iteration-6d6f9b4621f7> , free (accessed: 09.08.2023). – Blank from the screen.

© Стахеева А.А., Крайников А.Н., Вяткин Д.А., 2023 Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2023.

**Для цитирования:** Стахеева А.А., Крайников А.Н., Вяткин Д.А. Распознавание дорожных знаков с использованием сверточной нейронной сети// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №8/2023.

Научная статья

Original article

УДК 004.85



**РАСПОЗНАВАНИЕ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ С ПОМОЩЬЮ  
КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

**RECOGNITION OF ROAD MARKINGS USING COMPUTER VISION**

**Стахеева Алина Алексеевна**, магистрант, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, [stahееva.a@narfu.ru](mailto:stahееva.a@narfu.ru)

**Вяткин Дмитрий Андреевич**, старший преподаватель, Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск, [d.vyatkin@narfu.ru](mailto:d.vyatkin@narfu.ru)

**Stakheeva Alyona Alekseevna**, Master's student, M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, [stahееva.a@narfu.ru](mailto:stahееva.a@narfu.ru)

**Vyatkin Dmitry Andreevich**, Senior Lecturer, M. V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, [d.vyatkin@narfu.ru](mailto:d.vyatkin@narfu.ru)

**Аннотация.** Одна из важнейших задач, без которой не может существовать беспилотный автомобиль, – распознавание дорожной разметки. В данной статье рассматривается возможность распознавания линий дорожной

разметки с помощью компьютерного зрения. В процессе работы над решением данной задачи был написан код для распознавания дорожной разметки на языке Python. В результате выполнения получившейся программы на видеоизображении для наглядности рисуются предполагаемые линии разметки и средняя между ними, а в терминал программы выводится решение о повороте автомобиля в одну из сторон, основанное на значении коэффициента уравнения прямой (наклона средней линии между разметкой) и положения линий дорожной разметки прямо перед автомобилем.

**Annotation.** One of the most important tasks, without which an unmanned vehicle cannot exist, is the recognition of road markings. This article discusses the possibility of recognizing road marking lines using computer vision. In the process of working on solving this problem, code was written for recognizing road markings in Python. As a result of the execution of the resulting program, the intended marking lines and the average between them are drawn on the video image for clarity, and a decision on turning the car in one of the sides is output to the program terminal, based on the value of the coefficient of the equation of the straight line (the slope of the middle line between the markings) and the position of the road marking lines directly in front of the car.

**Ключевые слова:** автопилотирование автомобиля, дорожная разметка, компьютерное зрение, Python, OpenCV, распознавание на видеоизображении.

**Keywords:** car autopiloting, road markings, computer vision, Python, OpenCV, video image recognition.

### **Постановка задачи и входные данные**

Существование и правильная работоспособность беспилотного автомобиля невозможна, если он не будет уметь распознавать линии дорожной разметки. Видеокамеры являются основной технологией для распознавания полос движения, дорожных знаков, светофоров, других транспортных средств и пешеходов. Получаемое изображение в режиме реального времени



отправляется на центральный компьютер и с помощью компьютерного зрения система идентифицирует различные объекты и, основываясь на этом и на прописанных алгоритмах, принимает решения для дальнейших действий. Камеры позволяют хорошо определять окружающую среду за счет большого количества существующих библиотек обработки видеопотоков, однако это будет сложно использовать при плохих погодных условиях (сумерки, дождь и снег).

Для решения задачи распознавания дорожной разметки было решено использовать различные методы компьютерного зрения. Для написания программы будет использован язык программирования Python, так как у него существует большое количество библиотек, заточенных для работы с изображениями. Компьютерное зрение (Computer Vision, CV) – это область искусственного интеллекта, связанная с анализом изображений и видео. Она включает в себя набор методов, которые наделяют компьютер способностью «видеть» и извлекать информацию из увиденного. Системы состоят из фото- или видеокамеры и специализированного программного обеспечения, которое идентифицирует и классифицирует объекты.

В качестве входных данных будет выступать видео с камеры, установленной в машине. Пример кадра из видео, используемого с данной работе, представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Кадр из используемого видео



Для решения задачи распознавания дорожной разметки на видео нужно выполнить следующее:

- кадрировать видео до рабочей области;
- получить разными способами маски с детектированной дорожной разметкой;
- определить лучшую маску или маски для различных условий;
- задать рабочую область маски для определения дорожной разметки;
- определить на левой и правой сторонах маски для определения дорожной разметки точки с наиболее белыми участками, а также вычислить средние между ними;
- получить с помощью полученных точек три уравнения прямых и построить две линии, которые должны совпадать с линиями дорожной разметки, и одну среднюю между ними;
- сделать вывод о необходимости поворота машины на основе коэффициентов уравнения средней линии;
- задать рабочую область маски для нахождения положения транспортного средства между линиями дорожной разметки;
- определить на левой и правой сторонах маски для нахождения положения транспортного средства между линиями дорожной разметки точки с наиболее белыми участками;
- сделать вывод о необходимости движения транспортного средства влево или вправо для поддержания среднего положения между линиями дорожной разметки.

### **Программная реализация распознавания дорожной разметки**

Для начала необходимо создать проект, подключить используемые библиотеки и добавить видео для обработки, а также вывести размеры данного видео (листинг 1).

Листинг 1 – Подключение библиотек и загрузка рабочего видео

```
# Импортируем библиотеки:
```

```
import cv2 as cv
import numpy as np

# Загружаем видео для работы:
video = cv.VideoCapture('road2.mp4')

# Получение данных о размере видео:
width_orig = video.get(3)
height_orig = video.get(4)
print('height:', height_orig, 'width:', width_orig)
```

Далее пропишем в коде о том, что делать, если видео не будет найдено или не сможет открыться. Сама рабочая программа при успешном открытии видео будет прописана в цикле While (листинг 2).

Листинг 2 – Открытие видео

```
# Уведомление об ошибке, если видео не может открыться:
if not video.isOpened():
    print('Error')
    exit()

while True:
    ret, frame = video.read() # читаем видео
    # cv.imshow("frame", frame)

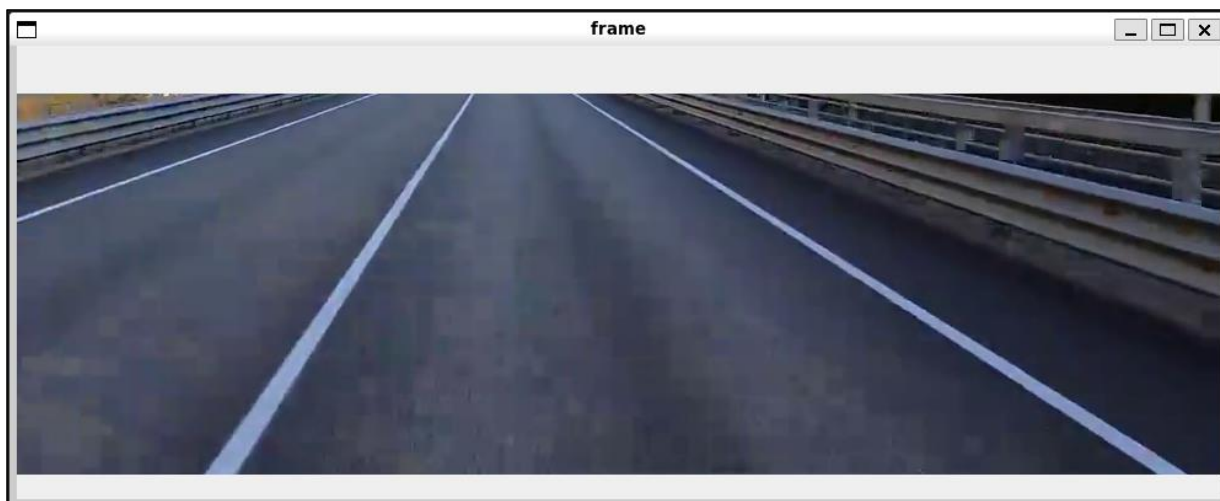
    if cv.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
video.release()
cv.destroyAllWindows()
```

Весь дальнейший код, который будет представлен, располагается в данном цикле While. Для более точного распознавания дорожной разметки лучше кадрировать видео и оставить только тот участок, на котором она может встречаться (листинг 3). Пример уже кадрированного видео показан на рисунке 2.

Листинг 3 – Кадрирование видео

```
v_frame = frame[330:640, 300:1280] # кадрирование видео  
mask_center = v_frame.copy() # копия обрезанного видео  
# cv.imshow("frame", v_frame)
```

Для детектирования дорожной разметки получим маски несколькими разными способами (листинг 4). Первая маска получена с помощью перевода изображения в оттенки серого и установки порогового значения. Для второй и третьей маски видеоизображение сначала надо перевести в цветовое пространство HSV. После этого второе видео переводиться в одноканальное и устанавливается пороговое значение для реагирования и преобразования изображения в черно-белую маску. Для третьего же видео устанавливаются верхний и нижний пределы и пиксели, которые попадают в данный диапазон, в итоге на маске имеют белый цвет, а те, которые не попадают, – черный. На четвертой маске отображены края (границы) всех объектов видеоизображения. Все четыре полученные маски показаны на рисунке 3.



## Рисунок 2 – Кадрированное видео

## Листинг 4 – Маски для детектирования дорожной разметки

```
# Маска, полученная с помощью перевода изображения в GRAY:
v_grey = cv.cvtColor(v_frame, cv.COLOR_BGR2GRAY)
_, v_threshold = cv.threshold(v_grey, 127, 255, 0)
mask_1 = v_threshold
# cv.imshow('mask_1', mask_1)

# Маска, полученная с помощью перевода изображения в HSV:
hsv = cv.cvtColor(v_frame, cv.COLOR_BGR2HSV)
ch_b = hsv[:, :, 2]
mask_2 = np.zeros_like(ch_b)
mask_2[ch_b > 140] = 255
# cv.imshow('mask_2', mask_2)

# Маска, полученная с помощью перевода изображения в HSV и установки
нижнего и верхнего пределов:
low3 = np.array([0, 0, 150])
high3 = np.array([225, 225, 220])
mask_3 = cv.inRange(hsv, low3, high3)
# cv.imshow('mask_3', mask_3)

# Маска, полученная с помощью обнаружения краев:
v_bilat = cv.bilateralFilter(v_grey, 9, 75, 75)
# cv.imshow('v_bilat', v_bilat)
v_canny = cv.Canny(v_bilat, 50, 150)
# cv.imshow('canny_bilat', v_canny)
```

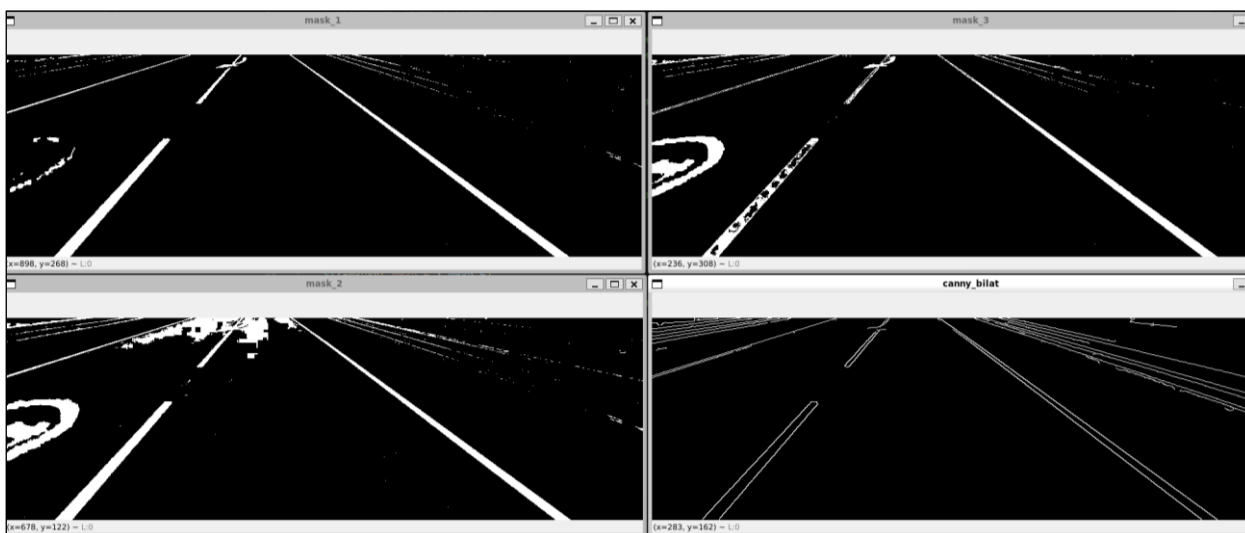


Рисунок 3 – Маски для детектирования дорожной разметки

Из всех полученных масок для лучшего результата воспользуемся либо объединенной маской из первых трех, либо, если на маске слишком много белого (т.е. много лишнего), то возьмем как итоговый результат четвертую маску с обнаруженными границами (листинг 5).

Листинг 5 – Объединенная маска для детектирования дорожной разметки

```
# Объединение масок:
allmask = np.zeros_like(v_grey)
allmask[(mask_1==255)|(mask_2==255)|(mask_3==255)]=255
dop_mask = allmask.copy()
if np.sum(allmask[:,:]) > 7000000:
    allmask = v_canny
# cv.imshow('ALL mask', allmask)
```

Для более точного определения линий дорожной разметки отсеем все лишнее по бокам видео, для этого укажем границы трапеции и оставим изображение только в ней (листинг 6). Рабочая область для маски показана на рисунке 4.

Листинг 6 – Задаем рабочую область для маски

```
# Задаем рабочую область для маски:
```

```

tr_mask = np.zeros_like(allmask)
trapeze = np.array([(0,310), (300, 0), (550, 0), (980,310)], dtype=np.int32) #
указываем нужные границы трапеции
cv.fillPoly(tr_mask, [trapeze], 255)
mask_tr_binary = cv.bitwise_and(allmask, tr_mask)
# cv.imshow('mask_tr_binary', mask_tr_binary)
mask_tr_orig = cv.bitwise_and(v_frame, v_frame, mask=tr_mask)
# cv.imshow('mask_tr_orig', mask_tr_orig)

```

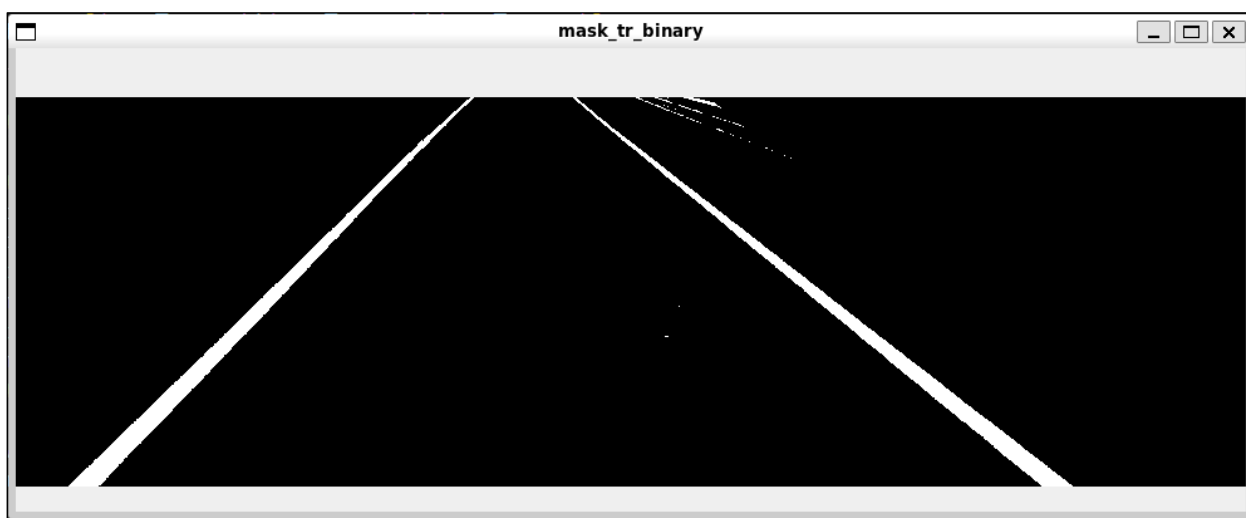


Рисунок 4 – Рабочая область для маски

Для того чтобы найти уравнения прямой для дорожной разметки и линии между ними нужно определить точки, по которым это уравнение будет строиться (листинг 7). Искать эти точки мы будем отдельно для левой и правой стороны видео, то есть для каждой полосы отдельно. Определим количество интервалов по вертикали, на которых будем искать самые светлые места маски, то есть местонахождение дорожной разметки. Чем меньше количество этих интервалов, тем менее точным будет найденное уравнение прямой, однако и слишком большое количество интервалов не даст лучший результат, а лишь будет лишь усложнять работу поиска дорожных линий. На каждом интервале отдельно в правой и левой частях видео будем искать столбец с самым большим количеством белых пикселей, а также найдем среднее

арифметическое между найденными точками и все это запишем в списки.

Листинг 7 – Нахождение точек дорожной разметки для уравнений прямых

```
# Текущие размеры видео:
width = 980
height = 310
center_axis = width//2 # середина ширины видео

quantity = 20 # количество интервалов, на которых будут определяться
точки с самыми светлыми местами маски
he_in = int(height/quantity)
cent_y = []
cent_x = []
left_x = []
right_x = []

# Заполнение списка средними точками интервалов по вертикали:
for prom in range(0, height, he_in):
    cent_y.append(int(he_in/2 + prom))

# Поиск точек с самыми светлыми местами маски среди столбцов правой и
левой частей видео, вычисление средних точек и добавление их в списки:
for i in range(0, len(cent_y)):
    if i == 0:
        left_i = np.argmax(np.sum(mask_tr_binary[0:cent_y[i],:],
axis=0)[:center_axis])
        right_i = np.argmax(np.sum(mask_tr_binary[0:cent_y[i],:],
axis=0)[center_axis:])+center_axis
    else:
        left_i = np.argmax(np.sum(mask_tr_binary[cent_y[i-1]:cent_y[i],:],
```

```

axis=0)[:center_axis])
    right_i = np.argmax(np.sum(mask_tr_binary[cent_y[i-1]:cent_y[i],:],
axis=0)[center_axis:])+center_axis
    left_x.append(left_i)
    right_x.append(right_i)
    cent_x.append((left_i + right_i) // 2)

```

Найдем коэффициенты уравнений трех прямых и отобразим их на видео (листинг 8). Полученный результат показан на рисунке 5.

Листинг 8 – Построение прямых, совпадающих с линиями разметки и средней между ними

```

# Находим коэффициенты уравнений прямых:
line_c = np.polyfit(cent_y, cent_x, 1)
left_c = np.polyfit(cent_y, left_x, 1)
right_c = np.polyfit(cent_y, right_x, 1)
# parab_c = np.polyfit(cent_y, cent_x, 2)

# Строим полученные прямые на видео:
for ver_id in range(height):
    gor_id_o = (line_c[0]*ver_id + line_c[1])
    cv.circle(mask_center, (int(gor_id_o), int(ver_id)), 3, (0,0,0), 3)
    gor_id_l = (left_c[0]*ver_id + left_c[1])
    cv.circle(mask_center, (int(gor_id_l), int(ver_id)), 2, (0,0,255), 3)
    gor_id_r = (right_c[0]*ver_id + right_c[1])
    cv.circle(mask_center, (int(gor_id_r), int(ver_id)), 2, (0,0,255), 3)
    # gor_id_p = (parab_c[0]*ver_id**2 + parab_c[1]*ver_id + parab_c[2])
    # cv.circle(mask_center, (int(gor_id_p), int(ver_id)), 2, (255,0,0), 3)
cv.imshow('mask_line', mask_center)

```



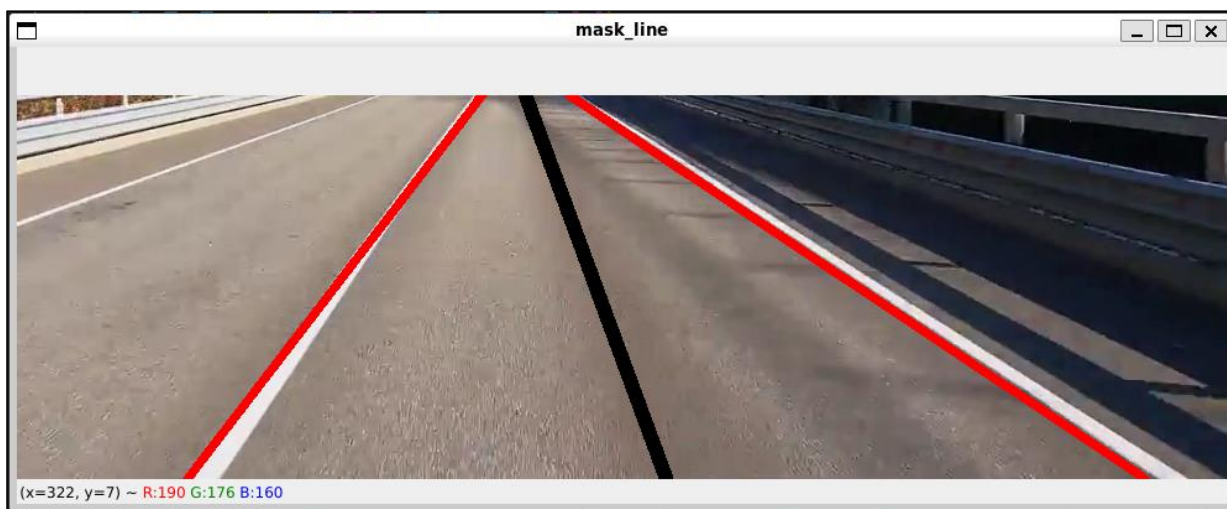


Рисунок 5 – Отображение полученных линий

Важно определять положения транспортного средства между дорожными полосами. Для этого оставим только нижнюю часть маски и по ней будем определять, где находятся полосы прямо перед машиной (листинг 9). Данная маска представлена на рисунке 6.

Листинг 9 – Определение нахождения полос прямо перед машиной

```
# Оставляем от маски только нижнюю ее часть:
rectr_mask = np.zeros_like(dop_mask)
rectangle = np.array([(0,310), (0, 250), (980, 250), (980,310)], dtype=np.int32)
cv.fillPoly(rectr_mask, [rectangle], 255)
mask_rectr_bin = cv.bitwise_and(dop_mask, rectr_mask)
# cv.imshow('mask_rectr_br', mask_rectr_bin)

# Поиск точек с самыми светлыми местами маски среди столбцов правой и
левой частей видео на нижней части маски:
left_n = np.argmax(np.sum(mask_rectr_bin[250:310,:], axis=0)[:center_axis])
right_n = np.argmax(np.sum(mask_rectr_bin[250:310,:],
axis=0)[center_axis:])+center_axis

# Определение количества белых пикселей в правой и левой частях видео
на нижней части маски:
```

```
sum_l = np.sum(mask_rectr_bin[250:310,0:center_axis])
sum_r = np.sum(mask_rectr_bin[250:310:center_axis:width])
```

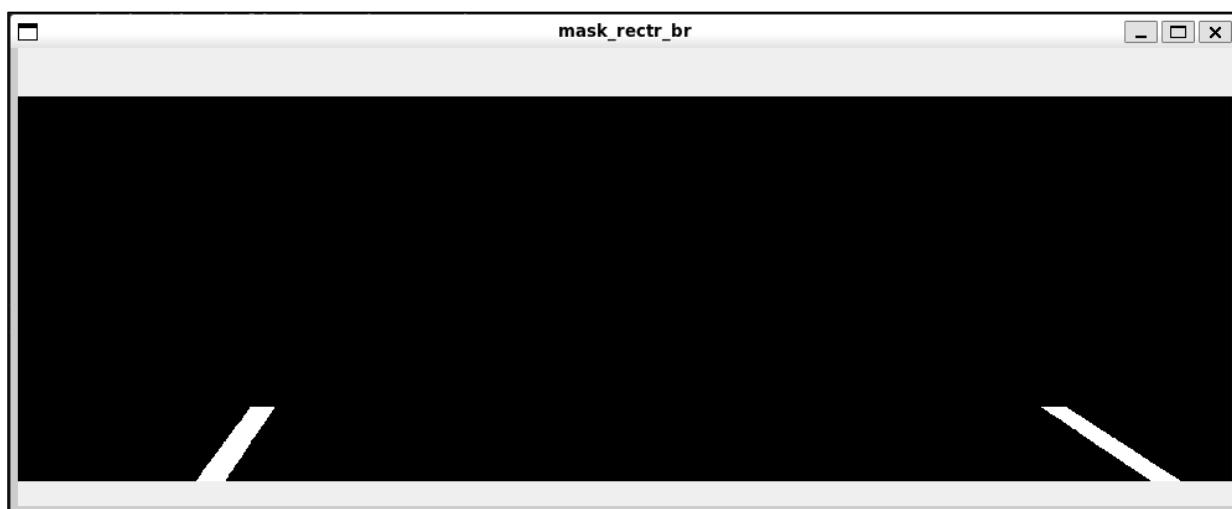


Рисунок 6 – Маска для нахождения полос прямо перед машиной

Принимать решение о повороте машины в связи с последующим направлением дороги мы будем по первому коэффициенту уравнения средней прямой, то есть по направлению и степени наклона средней линии между разметкой. Решение о движении в стороны для регулирования нахождения машины между дорожной разметкой мы будем по положению линий рядом с ней. А общее решение о повороте машине будет приниматься таким образом, чтобы повороты не противоречили друг другу, и выводиться в терминал. Вместе с тем добавлено отображение финального видео с линиями разметки и подписями о поворотах. Код для реализации вышеперечисленных действий представлен в листинге 10.

Листинг 10 – Принятие решения о повороте машины и отображение полученного видео

```
# Создаем переменные для принятия решения о повороте:
turn_right = 0
turn_left = 0
move_right = 0
move_left = 0
```

```
# Решение о повороте машины в зависимости от коэффициента уравнения
прямой (наклона средней линии между разметкой):
if line_c[0] < -0.4:
    cv.putText(mask_center, "->", (890,40), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
1.3, (0,0,255), 3)
    cv.putText(mask_center, "|", (890,60), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.3,
(0,255,0), 3)
    turn_right = 1
    turn_left = 0
elif line_c[0] > 0.4:
    cv.putText(mask_center, "<-", (20,40), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
1.3, (0,255,0), 3)
    cv.putText(mask_center, "|", (75,60), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.3,
(0,255,0), 3)
    turn_left = 1
    turn_right = 0
else:
    turn_right = 0
    turn_left = 0

# Решение о повороте машины в зависимости от положения линий
дорожной разметки рядом с машиной:
if sum_l < 500000 and sum_r < 500000:
    if 0 < left_n < 110 or center_axis < right_n < 850:
        cv.putText(mask_center, "<-", (20,150), cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,
1.3, (0,255,0), 3)
        move_left = 1
        move_right = 0
```

```
elif 140 < left_n < center_axis or 880 < right_n < 980:
    cv.putText(mask_center, "->", (890,150),
cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.3, (0,255,0), 3)
    move_right = 1
    move_left = 0
else:
    move_right = 0
    move_left = 0

# Общее решение о повороте машины:
if (move_right==1 or turn_right==1) and turn_left==0 and move_left==0:
    print('right')
    cv.putText(mask_center, "Turn right", (740,290),
cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.4, (255,0,0), 4)
    elif (move_left==1 or turn_left==1) and turn_right==0 and move_right==0:
        print('left')
        cv.putText(mask_center, "Turn left", (20,290),
cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.4, (255,0,0), 4)
    else:
        print('stay')
        cv.putText(mask_center, "Stay put", (400,290),
cv.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.4, (255,0,0), 4)

# Отображение финального видео с линиями разметки и подписями о
поворотах
cv.imshow('mask_center', mask_center)
```

### **Тестирование программы на входном видеоизображении**

Несколько кадров с результатом работы программы показаны на

рисунках 7, 8, 9 и 10. На рисунке 7 средняя линия не имеет большого наклона и автомобиль находится примерно по середине линий разметка, поэтому ему не нужно поворачиваться ни в одну из сторон. На рисунке 8 происходит противоречие и по итогу принимается решение не поворачиваться, так как со временем это компенсируется и автомобиль займет среднее положение между линиями дорожной разметки. На рисунке 9 машина немного выходит за рамки линий разметки и ей нужно вернуться в пределы своей полосы. На рисунке 10 дорога имеет небольшой поворот налево, поэтому и автомобилю тоже необходимо его сделать.

После тестирования данного кода на нескольких видео можно сделать вывод, что написанная программа работает довольно успешно, однако существуют некоторые факторы, влияющие на точность распознавания дорожной разметки. Малое влияние на качество работы оказывает наличие прерывистой линии разметки вместо непрерывной. Чуть большее влияние оказывают плохие погодные условия, сильное или слабое солнечное освещение, посторонние предметы (помехи) или транспортные средства, закрывающие большую часть видимой разметки.

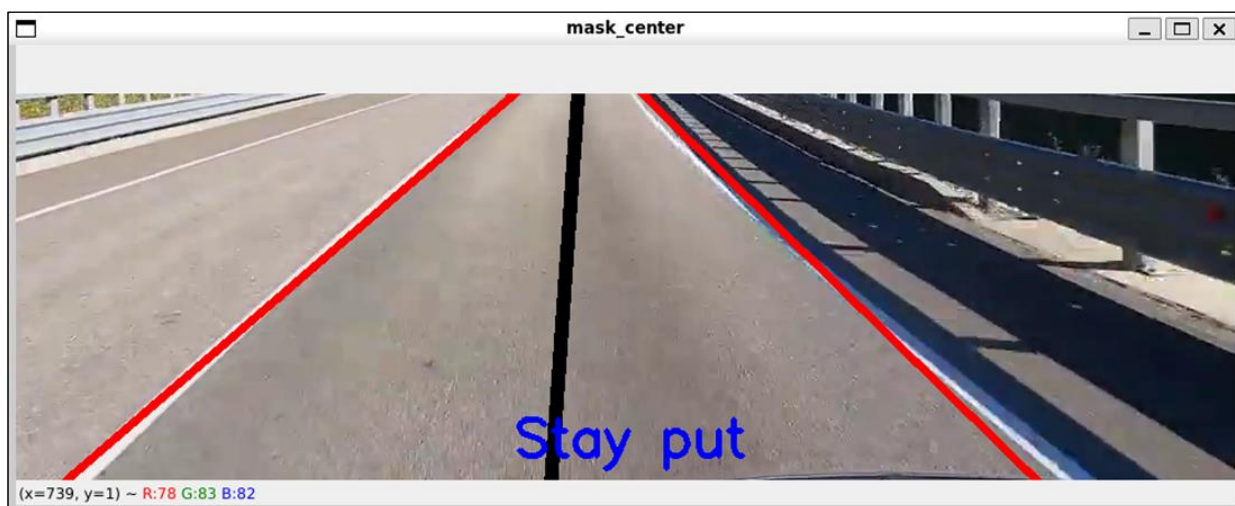


Рисунок 7 – Результат работы программы (пример 1)

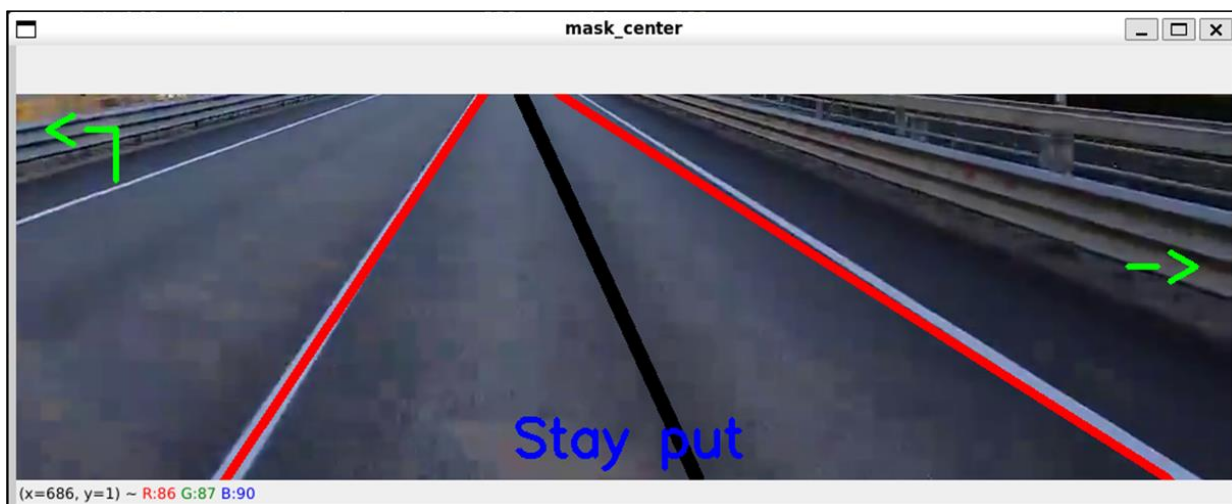


Рисунок 8 – Результат работы программы (пример 2)

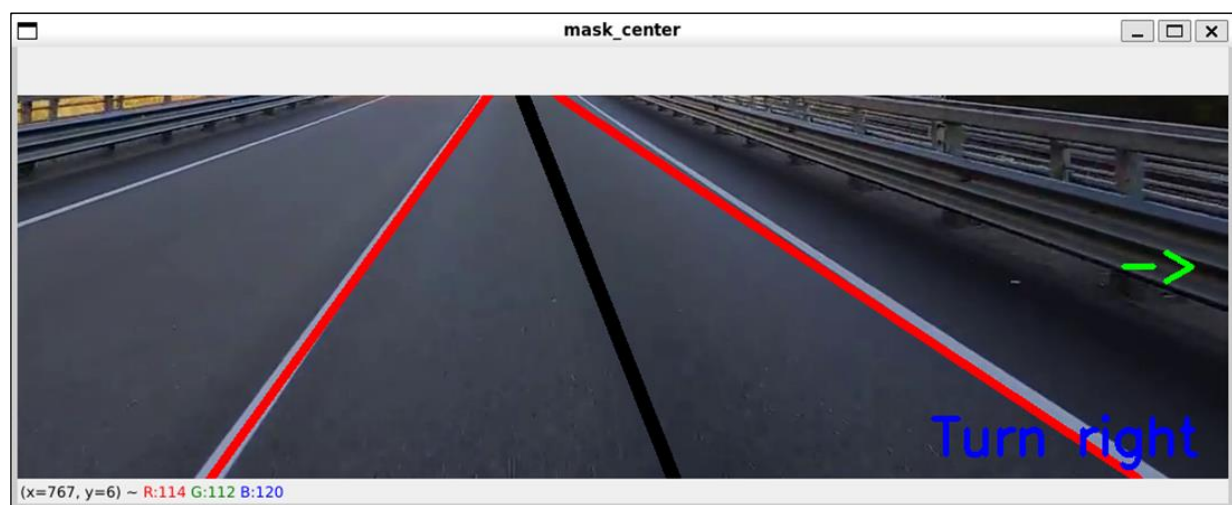


Рисунок 9 – Результат работы программы (пример 3)

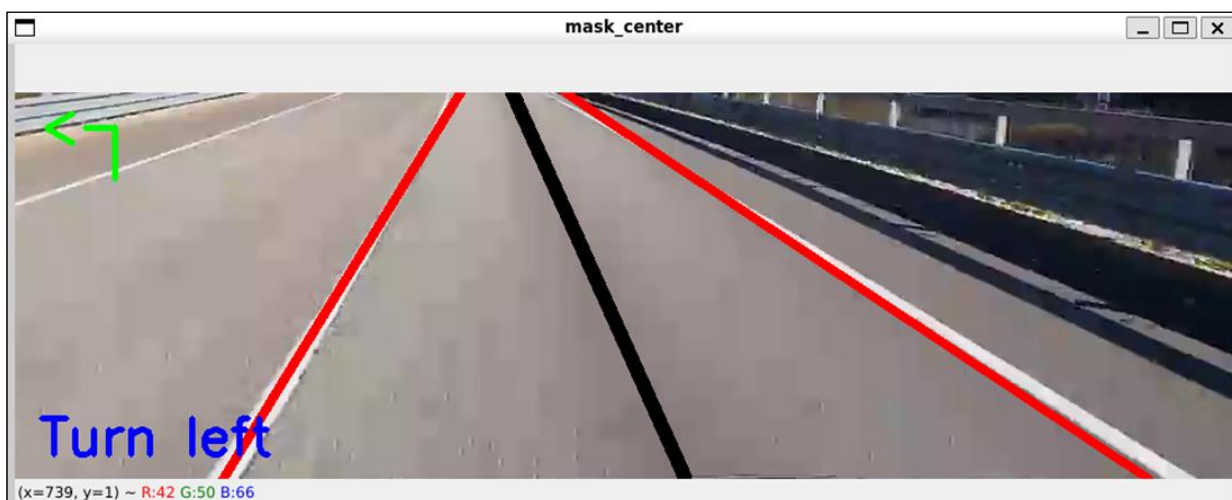


Рисунок 10 – Результат работы программы (пример 4)

### Заключение

В ходе работы была написана программа для распознавания дорожной



разметки на языке Python, в результате выполнения которой на видеоизображение выводятся предполагаемые линии разметки и средняя между ними. В терминал программы выводится решение о повороте автомобиля в одну из сторон, если он необходим в данной дорожной ситуации, основанное на значении коэффициента уравнения прямой (наклона средней линии между разметкой) и положения линий дорожной разметки рядом с машиной.

Написанная программа работает удовлетворительно и справляется в поставленными задачами, значит можно сделать вывод о том, что с помощью компьютерного зрения решение задачи распознавания дорожной разметки является возможным. Однако на качество распознавания дорожной разметки могут влиять некоторые факторы. Разрешение, стабилизация и захват камеры, которая снимает дорогу, могут в достаточной степени влиять на работоспособность. Программа не сможет корректно функционировать, если камера будет установлена так, что не все линии дорожной разметки будут помещаться на изображении. Разрешение и стабилизация будут влиять на качество входного видео и ухудшать точность распознавания. Малое влияние на качество работы оказывает наличие прерывистой линии разметки вместо непрерывной. Чуть большее влияние оказывают плохие погодные условия, сильное или слабое солнечное освещение, посторонние предметы (помехи) или транспортные средства, закрывающие большую часть видимой разметки. Решить проблему с условиями погоды можно с помощью автоматической корректировки реагирования на различные параметры изображения, например такие как яркость, насыщенность и контрастность.

### **Литература**

1. Климов А.А., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации [Электронный ресурс] / А.А. Климов, О.Н. Покусаев, В.П. Куприяновский, Д.Е. Намиот // СОВРЕМЕННЫЕ

- ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ : науч. электрон. журн. – 2018. – №3(14). – С. 727–736. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37031854>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана;
2. Назаренко М.А., Федулаева Д.Е. Компоненты системы качества беспилотных систем парковки легковых автомобилей [Электронный ресурс] / М.А. Назаренко, Д.Е. Федулаева // АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ "РАДИОИНФОКОМ-2019" : науч. электрон. журн. – 2019. – С. 437–439. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42437404>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана;
  3. Суфиянов, Р.Ш. Лидар в системе обеспечения безопасности эксплуатации беспилотного автомобиля [Электронный ресурс] / Р.Ш. Суфиянов // ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ : науч. электрон. журн. – 2022. – №82-2. – С. 87–90. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48056924>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана;
  4. How Do Self-Driving Cars Work? [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Interesting engineering – Электрон. дан. – [2011-2023]. Режим доступа : <https://interestingengineering.com/innovation/how-do-self-driving-cars-work>, свободный (дата обращения : 09.08.2023). – Загл. с экрана;
  5. Чебыкин И.А., Семенов С.С. Автоматизация мониторинга дорожного движения с помощью компьютерного зрения [Электронный ресурс] / И.А. Чебыкин, С.С. Семенов // ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. ЭКОЛОГИЯ : науч. электрон. журн. – 2020. – С. 52-60. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=44414468>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана;



6. Шевченко, А.С. Технология LIDAR в сфере беспилотных автомобилей [Электронный ресурс] / А.С. Шевченко // ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА: ВЗГЛЯД МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ : науч. электрон. журн. – 2021. – С. 162–164. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=47409388>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана;
7. Простой алгоритм распознавания дорожной разметки [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Reg – Москва, [2023?]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://www.reg.ru/blog/simple-algorithm-for-road-marking-detection/>, свободный (дата обращения : 09.08.2023). – Загл. с экрана;
8. Введение в OpenCV применительно к распознаванию линий дорожной разметки [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Хабр. – Москва, [2023?]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/companies/newprolab/articles/328422/>, свободный (дата обращения : 09.08.2023). – Загл. с экрана;
9. Классы судов Российского Морского Регистра [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Виктория. – Москва, [2023?]. – Электрон. дан. – Режим доступа : [https://victoria.lrit.ru/class/rs\\_class\\_info.htm](https://victoria.lrit.ru/class/rs_class_info.htm), свободный (дата обращения : 09.08.2023). – Загл. с экрана;
10. Друки А.А., Кружков Д.С. Разработка программного обеспечения распознавания дорожной полосы на видеопоследовательностях [Электронный ресурс] / А.А. Друки, Д.С. Кружков // МОЛОДЕЖЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: науч. электрон. журн. – 2021. – С. 25–26. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=46394693>, доступ из НЭБ «E-Library» (дата обращения : 09.08.2023) – Загл. с экрана.

### References

1. Klimov A.A., Pokusaev O.N., Kupriyanovsky V.P., Namiot D.E. Architecture of autonomous (unmanned) cars and infrastructure for their operation

- [Electronic resource] / A.A. Klimov, O.N. Pokusaev, V.P. Kupriyanovsky, D.E. Namiot // MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES AND IT EDUCATION : scientific. electron. journal. – 2018. – №3(14). – Pp. 727-736. – Electron. text data. – Access mode : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37031854> , access from the NEB "E-Library" (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen;
2. Nazarenko M.A., Fedulaeva D.E. Components of the quality system of unmanned passenger car parking systems [Electronic resource] / M.A. Nazarenko, D.E. Fedulaeva // ACTUAL PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF RADIO ENGINEERING AND INFOCOMMUNICATION SYSTEMS "RADIOINFOCOM-2019" : scientific electron. journal. – 2019. – pp. 437-439. – Electron. text data. – Access mode : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42437404> , access from the NEB "E-Library" (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen;
  3. Sufiyanov, R.S. Lidar in the system of ensuring the safety of operation of an unmanned vehicle [Electronic resource] / R.S. Sufiyanov // TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND EDUCATION : scientific electron. journal. – 2022. – No.82-2. – pp. 87-90. – Electron. text data. – Access mode : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48056924> , access from the NEB "E-Library" (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen;
  4. How Do Self-Driving Cars Work? [Electronic resource] : [ofic. website] / Interesting engineering – Electron. dan. – [2011-2023]. Access mode : <https://interestingengineering.com/innovation/how-do-self-driving-cars-work> , free (accessed : 09.08.2023). – Blank from the screen;
  5. Chebykin I.A., Semenov S.S. Automation of traffic monitoring using computer vision [Electronic resource] / I.A. Chebykin, S.S. Semenov // TRANSPORT. TRANSPORT FACILITIES. ECOLOGY : scientific electron. journal. – 2020. – pp. 52-60. – Electron. text data. – Access mode : <https://elibrary.ru/item.asp?id=44414468> , access from the NEB "E-Library"

- (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen;
6. Shevchenko, A.S. LIDAR technology in the field of unmanned vehicles [Electronic resource] / A.S. Shevchenko // INNOVATIVE POTENTIAL OF SOCIETY DEVELOPMENT: THE VIEW OF YOUNG SCIENTISTS : scientific electron. journal. – 2021. – pp. 162-164. – Electron. text data. – Access mode : <https://elibrary.ru/item.asp?id=47409388> , access from the NEB "E-Library" (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen;
  7. A simple algorithm for recognizing road markings [Electronic resource] : [ofic. website] / Reg – Moscow, [2023?]. – Electron. dan. – Access mode : [https://www.reg.ru/blog/simple-algorithm-for-road-marking-detection /](https://www.reg.ru/blog/simple-algorithm-for-road-marking-detection/) , free (accessed : 09.08.2023). – Blank from the screen;
  8. Introduction to OpenCV in relation to the recognition of road marking lines [Electronic resource] : [ofic. website] / Habr. – Moscow, [2023?]. – Electron. dan. – Access mode : [https://habr.com/ru/companies/newprolab/articles/328422 /](https://habr.com/ru/companies/newprolab/articles/328422/) , free (accessed : 09.08.2023). – Blank from the screen;
  9. Classes of vessels of the Russian Maritime Register [Electronic resource] : [ofic. website] / Victoria. – Moscow, [2023?]. – Electron. dan. – Access mode : [https://victoria.lrit.ru/class/rs\\_class\\_info.htm](https://victoria.lrit.ru/class/rs_class_info.htm) , free (accessed : 09.08.2023). – Blank from the screen;
  10. Druki A.A., KruzHKov D.S. Development of software for recognizing a road lane on video sequences [Electronic resource] / A.A. Druki, D.S. KruzHKov // YOUTH AND MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES: scientific electron. journal. – 2021. – pp. 25-26. – Electron. text data. – Access mode : <https://elibrary.ru/item.asp?id=46394693> , access from the NEB "E-Library" (accessed : 09.08.2023) – Title from the screen.

© Стахеева А.А., Вяткин Д.А., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

**Для цитирования:** Стахеева А.А., Вяткин Д.А. Распознавание дорожных знаков с использованием сверточной нейронной сети// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 614.8.084



**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ ПРИ  
ОПОВЕЩЕНИИ О РИСКЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**  
EFFICIENCY OF USING MAPS IN EMERGENCY RISK  
NOTIFICATION

**Наумова Татьяна Евгеньевна**, старший научный сотрудник центра «Развитие РСЧС» ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий) (121352, Москва, ул. Давыдовская, 7, тел. 8(495)287-73-05, e-mail:emercom-t@yandex.ru, SPIN-код: 3684-7106

**Naumova Tatiana Evgenievna**, Senior Researcher at the Center “RSChS development” of the Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry of Emergency Situations of Russia" (Federal Center for Science and High Technologies) (7 Davydkovskaya Str., Moscow, 121352, tel. 8(495)287-73-05, e-mail:emercom-t@yandex.ru , SPIN code: 3684-7106

**Аннотация.** В статье анализируется эффективность использования карт для облегчения понимания информации, содержащейся в оповещении о чрезвычайной ситуации. Делается заключение о том, что при надлежащем

оформлении оповещение с использованием карт более эффективно, чем обычные текстовые сообщения во многих аспектах. Правильно разработанные карты могут способствовать более точному и эффективному пониманию конкретного местоположения активных границ пожара, влияния ветра на направление пожара, времени принятия мер, обозначенных зон предупреждения и расположения закрытых дорог по сравнению с текстовым сообщением. Такое улучшенное понимание обеспечивает основу для более успешной оценки риска и принятия решений в ответ на предупреждение.

**Abstract.** The article analyzes effectiveness of using maps to facilitate understanding of information contained in the emergency alert. It is concluded that, when properly designed, notification using maps is more effective than conventional text messages in many aspects. Properly designed maps can contribute to the more accurate and efficient understanding of the specific location of active fire boundaries, effect of wind on the direction of the fire, the timing of action, designated warning zones and the location of closed roads, compared to a text message. This improved understanding provides the basis for more successful risk assessment and decision making in response to the warning.

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации, информирование и оповещение населения, эвакуация, картографическая информация, защитное поведение, осведомленность об угрозе, когнитивное поведение

**Key words:** emergencies, informing and alerting the population, evacuation, cartographic information, protective behavior, threat awareness, cognitive behavior

В последние десятилетия наблюдается увеличение количества людей и имущества, подверженных рискам лесных пожаров. По определению, лесные пожары возникают в сельских ландшафтах, но могут распространяться и угрожать близлежащим населенным пунктам. К счастью, время до воздействия на населенные пункты часто позволяет предоставлять ранние предупреждения, которые играют решающую роль в повышении

осведомленности об угрозе до воздействия в сообществах, подверженных риску. Конечная цель раннего оповещения населения - спасение жизней путем стимулирования защитного поведения, такого как ранняя эвакуация. Тем не менее, несмотря на существенное улучшение распространения предупреждений за последнее десятилетие, поддерживаемое передовыми и разнообразными информационно-коммуникационными технологиями, при лесных пожарах продолжают происходить катастрофы, влекущие за собой значительное число погибших и раненых.

Большинство этих смертельных случаев связано с поздней эвакуацией, а это значит, что в дополнение к обеспечению своевременной выдачи предупреждений, органам по управлению чрезвычайными ситуациями следует тщательно изучить эффективность этих оповещений с точки зрения мотивации защитного поведения, особенно своевременной эвакуации.

Оповещение населения о чрезвычайной ситуации направлено на стимулирование своевременного и надлежащего защитного поведения, однако общие исследования соблюдения требований к эвакуации показали, что такой поведенческой цели нелегко достичь, поскольку граждане, получающие предупреждение об эвакуации, часто интуитивно не следуют инструкциям, в то время как эффективность и своевременность процесса интерпретации и восприятия имеют решающее значение для принятия оперативных мер в часто неотложных обстоятельствах.

Информирование населения о пожаре в основном передается в текстовой форме. Тем не менее, большинство информационных элементов основаны на местоположении или направлении, и поскольку лесные пожары часто происходят в сельской местности и охватывают большую территорию, которую трудно явно описать словами, текстовые предупреждения, как правило, содержат высокую степень пространственной неопределенности.

В настоящее время огромное количество информации о лесных пожарах может быть собрано, обработано и визуализировано практически в режиме

реального времени. Альтернативным текстовому коммуникационному подходу к передаче оповещения о лесных пожарах является использование картографической информации. Такой вариант стал технически жизнеспособным благодаря достижениям в области дистанционного зондирования и географическим информационным системам. В связи с увеличением доступности картографической информации начала возникать актуальная дискуссия о том, следует ли такое точное и своевременное отображение пространственной информации также использовать для оповещений. Службы, отвечающие за оповещение населения в случае лесного пожара, считают, что люди могут плохо читать карты и могут быть перегружены слишком большим количеством информации.

Следовательно, при обсуждении эффективности карты для целей оповещения общественности или информирования об общем риске следует учитывать ее способность: призывать обычных пользователей серьезно относиться к информации, способствовать пониманию предупреждения и восприятию риска в личном плане, обеспечивать эффективную обработку информации и инициировать соответствующие реакции.

Исследования по использованию карт для информирования общественности о рисках традиционно фокусировались на информировании о том, какие районы подвержены опасностям, и отображении вероятностей риска, таких как карты пойм. Эти карты рисков, наложенные на местные карты, призваны облегчить определение саморелевантности теми, кто проживает в очерченных зонах риска. Исследования показали, что большинство граждан могут точно определить свое местоположение на карте и определить уровень риска для себя. Однако способность людей к пониманию может быть поставлена под угрозу, когда карта очерчивает небольшую или узкую зону риска на относительно большом участке карты. В дополнение к облегчению понимания риска, карты зон риска также могут вызывать более высокий уровень "беспокойства" по сравнению с текстовыми описаниями



вероятностей риска. Кроме того, что касается оптимизации дизайна карты, исследования показали, что восприятие риска на основе карты может быть дополнительно улучшено соответствующим выбором цветовых схем.

Одним из решений для улучшения понимания и точности восприятия является предоставление информации о существующем местоположении и прогнозируемом движении опасности, чтобы помочь людям точно осознать риск.

Для опасностей, которые имеют тенденцию мигрировать и географически распространяться, таких как торнадо, ураганы и лесные пожары, информация о существующем местоположении опасности особенно важна для точного понимания ситуации с риском. С этой целью в дополнение к обычным текстовым предупреждениям используются радиолокационные изображения, описывающие приближающиеся экстремальные метеорологические явления. Однако было обнаружено, что прикрепление радиолокационных изображений к полнотекстовым предупреждениям о торнадо или внезапных наводнениях не оказало дополнительного влияния на восприятие риска населением, принятие решений и время реагирования. Потенциально это связано со сложными интерпретационными и когнитивными возможностями, необходимыми для понимания такого реалистичного представления земли. В отличие от радиолокационных изображений, обычные картографические представления (например, карта, обозначающая текущий центр торнадо) должны быть относительно простыми для понимания неспециалистами, особенно если карты соответствующим образом упрощены и подчеркивают информацию, относящуюся к задаче.

В целом, при оповещении о неминуемых угрозах карты могут обеспечить целостный подход к предупреждению, позволяющий отображать не только зоны предупреждения, но и пояснительную информацию об опасностях и рисках. Большинство населения может обладать способностью точно понимать такие карты зон риска/предупреждений, и использование



таких карт может привести к улучшению восприятия риска и поведенческих реакций. Однако эффективность карт в обеспечении точного понимания предупреждения населением и улучшении их восприятия риска зависит от характера и сложности предоставляемой ими информации, а также от уместности картографического оформления.

Эффективная карта предупреждения должна надлежащим образом включать важные текстовые дескрипторы для облегчения понимания. Этого можно достичь, либо представив текстовую информацию в виде условных знаков и обозначений, либо добавив информацию в виде примечаний, размещенных рядом с соответствующими объектами карты. Оба решения требуют краткого и заметного оформления важной текстовой информации, особенно для первого варианта. Текстовая информация в условных обозначениях, если она важна, должна быть выполнена заметными шрифтами и/или цветами. Тем не менее, хотя текстовую информацию, представленную в виде аннотаций на карте, может быть относительно легче идентифицировать, чем текст, показанный в условных обозначениях, необходим тщательный дизайн, чтобы создать сбалансированное представление карты и избежать загромождения.

По сравнению с текстовым сообщением правильно разработанные карты могут способствовать более точному и эффективному пониманию конкретного местоположения активных границ пожара, влияния ветра на направление пожара, времени принятия мер, обозначенных зон предупреждения и расположения закрытых дорог. Для оповещения о местоположении эвакуационных центров, может быть применен гибридный подход, объединяющий визуальное указание местоположения на карте с текстовым описанием для явного отображения названия и адреса местоположения, включая названия дорог, парков и пригородов, используемые для обозначения мест возникновения лесных пожаров и зон предупреждения, а также описание состояния пожаротушения. Там, где это

уместно и применимо, они должны быть включены в карты для обеспечения лучшего понимания и интерпретации.

Многомерная визуальная и текстовая информация, необходимая для эффективного предупреждения о лесных пожарах, потенциально может быть предоставлена с помощью веб-приложения для составления карт лесных пожаров, поддерживающего интерактивный поиск информации. Такие приложения были разработаны, например в США. Между тем, необходимы дополнительные исследования для определения того, следует ли предоставлять более сложную пространственную информацию, такую как прогноз распространения огня, поскольку повышенная пространственная специфичность, обеспечиваемая визуальной формой, может усложнить процесс принятия решений людьми. Кроме того, при предоставлении многослойной информации с помощью интерактивных картографических приложений необходимы дальнейшие исследования для обеспечения эффективности подходов к представлению информации и удобства ее использования общественностью.

Еще один момент, который следует подчеркнуть, заключается в том, что использование подходов к оповещению на основе карт предполагает повышенную ответственность агентств за предоставление точной и своевременной информации о лесных пожарах. Поскольку карты потенциально оказывают более значительное влияние на принятие решения о реагировании, чем текстовые сообщения, благодаря их влиянию на легкость понимания и восприятие риска, неправильное выделение пространственной информации о лесных пожарах с помощью карт может привести к большему негативному воздействию на действия людей. Хотя визуальное обозначение предупреждающих территорий может эффективно способствовать реагированию тех, кто находится в пределах границ предупреждения, это может привести к значительному снижению восприятия риска и мотивации реагирования, когда человек находится за их пределами. Это означает, что

если при разграничении зоны предупреждения с использованием карт ошибочно исключаются определенные районы, подверженные риску, люди, находящиеся в пределах этих районов, скорее всего, неправильно истолкуют потенциальное воздействие опасности для себя как нулевое или крайне низкое, что может иметь самые негативные последствия.

Поэтому для обеспечения эффективных предупреждений на основе карт учреждениям следует начать с инвестирования в расширенные возможности сбора данных для предоставления информации о предупреждениях с повышенной своевременностью и точностью. Кроме того, могут быть предложены кампании по просвещению населения, направленные на надлежащее понимание и использование конкретной пространственной информации, предоставляемой картами, особенно когда невозможно полностью избежать неопределенности и временных задержек при предоставлении данных предупреждения.

Следует признать, что карты, как и любой подход к оповещению, не обеспечивают универсального решения для всех, следовательно, комплексные и эффективные инструменты предупреждения на основе карт должны служить лишь альтернативой текстовым сообщениям для улучшения результатов предупреждения для населения, предпочитающего графические изображения, а не заменять их полностью, а службам, отвечающим за управление чрезвычайными ситуациями пора начать удовлетворять потребности общественности в предоставлении пространственной информации в конкретной, ясной, точной и наглядной форме.

### **Литература**

1. Федеральный Закон от 21.12.1994 года № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
2. Ничепорчук В.В. Использование карт для управления процессами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Электронный

- ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kart-dlya-upravleniya-protssami-preduprezhdeniya-i-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy/viewer> (дата обращения: 24.06.2023)
3. Янкелевич С.С., Анохина Ж.Ю. К вопросу разработки систем прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций на базе ГИС. Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-razrabotki-sistem-prognozirovaniya-i-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy-na-baze-gis?ysclid=llng2vqxe7816278060> (дата обращения: 14.06.2023)
4. Емельяненко А.Ю., Иванников А.П. Проблемы и перспективы систем оповещения и информирования населения. Электронный ресурс. URL: <https://na-journal.ru/3-2023-informacionnye-tehnologii/4576-problemy-i-perspektivy-sistem-opoveshcheniya-i-informirovaniya-naseleniya> (дата обращения: 17.05.2023)
5. A.M. MacEachren; F.P. Boscoe; D. Haug Geographic visualization: designing manipulable maps for exploring temporally varying georeferenced statistics. Электронный ресурс. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/729563> (дата обращения: 24.06.2023)

### References

1. Federal Law of December 21, 1994 No. 68-FZ “On the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies”.
2. Nicheporchuk V.V. Using maps to manage the processes of prevention and liquidation of emergency situations. Electronic resource. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-kart-dlya-upravleniya-protssami-preduprezhdeniya-i-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy/viewer> (accessed: 06/24/2023)
3. Yankelevich S.S., Anokhina Zh.Yu. On the issue of developing systems for forecasting and liquidating emergency situations based on GIS. Electronic resource. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-razrabotki-sistem->

prognozirovaniya-i-likvidatsii-chrezvychaynyh-situatsiy-na-baze-gis?ysclid=llng2vqxe7816278060 (accessed: 06/14/2023)

4. Emelianenko A.Yu., Ivannikov A.P. Problems and prospects of public warning and informing systems. Electronic resource. URL:<https://na-journal.ru/3-2023-informacionnye-tehnologii/4576-problemy-i-perspektivy-sistem-opoveshcheniya-i-informirovaniya-naseleniya> (accessed: 05/17/2023)
5. A.M. MacEachren; F.P. Boscoe; D. Haug Geographic visualization: designing manipulable maps for exploring temporally varying georeferenced statistics. Electronic resource. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/729563> (accessed: 06/24/2023)

© Наумова Т.Е., 2023 Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

**Для цитирования:** Наумова Т.Е. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРТ ПРИ ОПОВЕЩЕНИИ О РИСКЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023.

Научная статья

Original article

УДК 504.75.05



**ОЦЕНКА ВРЕДА ПАКЕТОВ ИЗ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ  
ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**ASSESSMENT OF THE DAMAGE OF PACKAGES FROM  
BIODEGRADABLE POLYMERS TO THE ENVIRONMENT**

**Марк Максим Александрович**, студент 2 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Савиных Алексей Александрович**, студент 4 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Грициенко Георгий Васильевич**, студент 2 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Погорелов Максим Алексеевич**, студент 2 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Скрыпкин Кирилл Алексеевич**, студент 3 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Юрьев Виктор Алексеевич**, студент 3 курса, Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург

**Соловьев Михаил Максимович**, доцент, кандидат педагогических наук; преподаватель, кафедры О5 (кафедра «Физического воспитания и спорта») Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

**Mark Maxim Aleksandrovich**, 2nd year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg

**Savinykh Aleksey Aleksandrovich**, 4th year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg  
e-mail: alex.savinyh02@mail.ru

**Gritsieko Georgy Vasilievich**, 2nd year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg

**Pogorelov Maxim Alekseevich**, 2nd year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg

**Skrypkin Kirill Alekseevich**, 3rd year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg

**Yuryev Viktor Alekseevich**, 3rd year student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after. D.F. Ustinov, St. Petersburg

**Solovyov Mikhail Maksimovich**; associate professor, candidate of pedagogical sciences; Lecturer, Department O5 (Department of "Physical Education and Sports") of the Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

#### **Аннотация**

В последние годы активно проводятся работы по исследованию и созданию биоразлагаемых полимеров. Ожидается, что в будущем они полностью заменят традиционные полимерные материалы, которые применяют,

преимущественно, в создании различных упаковок, бутылок и пакетов. Биоразлагаемые полимеры имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными полимерами. Одним из таких преимуществ является возможность их ускоренного разложения в окружающей среде. Но так ли все идеально? Действительно ли, биоразлагаемые пакеты, разрушаясь, не наносят вреда окружающей среде и не оставляют после своего разложения вредных веществ? Данное исследование направлено на выяснение следующего вопроса: безопасны ли биоразлагаемые пакеты для окружающей среды и являются ли они достойной альтернативой привычным нам пластиковым пакетам?

### **Annotation**

In recent years, work has been actively carried out to research and create biodegradable polymers. It is expected that in the future they will completely replace traditional polymeric materials, which are used mainly in the creation of various packaging, bottles and bags. Biodegradable polymers have a number of advantages over traditional polymers. One of these advantages is the possibility of their accelerated decomposition in the environment. But is everything perfect? Do biodegradable bags, when destroyed, do not harm the environment and do not leave harmful substances after their decomposition? This study is aimed at clarifying the following question: are biodegradable bags safe for the environment and are they a worthy alternative to the plastic bags we are used to?

**Ключевые слова:** полимеры, биоразлагаемые полимеры, окружающая среда, пластик, микропластик.

**Key words:** polymers, biodegradable polymers, environment, plastic, microplastics.

В некоторых странах, например, в Индонезии (остров Бали) введен запрет на использование одноразовых пластиковых пакетов. Супермаркеты заменили одноразовые пакеты на пакеты из бумаги, а также используют конструкции из банановых листьев с использованием бамбуковых веревок.



Такие «пакеты» отличаются низкой прочностью по сравнению с пластиковыми и не совсем удобны в использовании. Поэтому ежегодно разрабатываются все новые материалы, сравнимые по прочности с пластиком, для того, чтобы частично заменить использование пластмассы в изготовлении одноразовых средств обихода.

Биоразлагаемые полимеры – это полимерные материалы, самопроизвольно разрушающиеся в результате естественных микробиологических и химических процессов. Зачастую, их применяют в защите окружающей среды. Пакеты и бутылки, которыми мы часто пользуемся, изготавливаются из полимеров, которые очень долго разлагаются в окружающей среде, но в последние годы все большую популярность набирают упаковки именно из биоразлагаемых полимеров, которые разлагаются в ускоренном темпе. В ряде зарубежных стран (Япония, США, некоторые страны Евросоюза и т. д.) уже сейчас существенная часть упаковочных материалов производится из них.

Все биополимеры делятся на три большие группы:

1. Оксо-биоразлагаемые полимеры – это полимеры, в состав которых входят добавки, способствующие разложению пакетов и бутылок на открытом воздухе. К ним относятся синтетические полимеры и каучуки;

2. Гидро-биоразлагаемые полимеры – это полимеры, которые получают из растительного сырья. Именно к ним относят пластики и полиэтилен, который получают с помощью таких добавок как крахмал. Такие полимеры не нуждаются в кислороде для разложения.

3. Компостируемые полимеры – это полимеры, которые разлагаются под воздействием бактерий.

Однако встречаются исследования, в которых сообщается, что биоразлагаемые вещества при разложении оставляют после себя микропластик, вред которого сейчас активно изучается.

Что же такое микропластик? Микропластик – это мелкие частицы любого пластика. Микропластик появляется в окружающей среде двумя путями: либо он образуется при разложении в окружающей среде полимеров, из которых состоят пакеты и бутылки, либо он сразу попадает в окружающую среду в виде гранул и порошка, ведь именно в таком виде производители добавляют его в зубную пасту, ткани, средства гигиены, бытовую химию и т.д.

Микропластик появляется в окружающей среде и при разложении обычных полимеров, и при разложении биополимеров. Проблема загрязнения среды микропластиком стала актуальна именно сейчас, потому что до этого его количество не вызывало опасений. Теперь же он накопился и стал причиной невидимого, но опасного загрязнения.

Чем же опасен микропластик? Микропластик загрязняет нашу среду обитания и, в дальнейшем, попадает в организмы живых существ, в том числе и организм человека. Пока что, ученые осторожно говорят о его влиянии на людей. При этом, стоит понимать, что он попадает в организм человека и остается там, застревая в мягких тканях и органах. В дальнейшем он может повреждать их или впитывать в себя вредные вещества. К сожалению, частицы микропластика уже сейчас можно обнаружить в организме почти каждого человека на земле. Так же, были проведены исследования в США и было обнаружено, что такие частицы находятся в питьевой воде, пиве, меде и сахаре.

Наше исследование заключалось в изучении состава полимеров, из которых производят пакеты, ведь ими пользуется большинство людей. Для проведения исследования мы взяли 4 разных типа пакетов: обычный целлофановый пластиковый пакет (рис. 1, табл. 1), пакет из магазина (рис. 2, табл. 2), пакет для мусора (рис. 3, табл. 3) и пакет для мусора, изготовленный из биоразлагаемых полимеров (рис. 4, табл. 4). Таким образом, мы захотели выяснить, имеет ли биоразлагаемый пакет сходство с другими типами пластиковых пакетов по составу и структуре.

Результаты исследований:

1. Первый образец – пакет целлофановый (для пищевых продуктов):

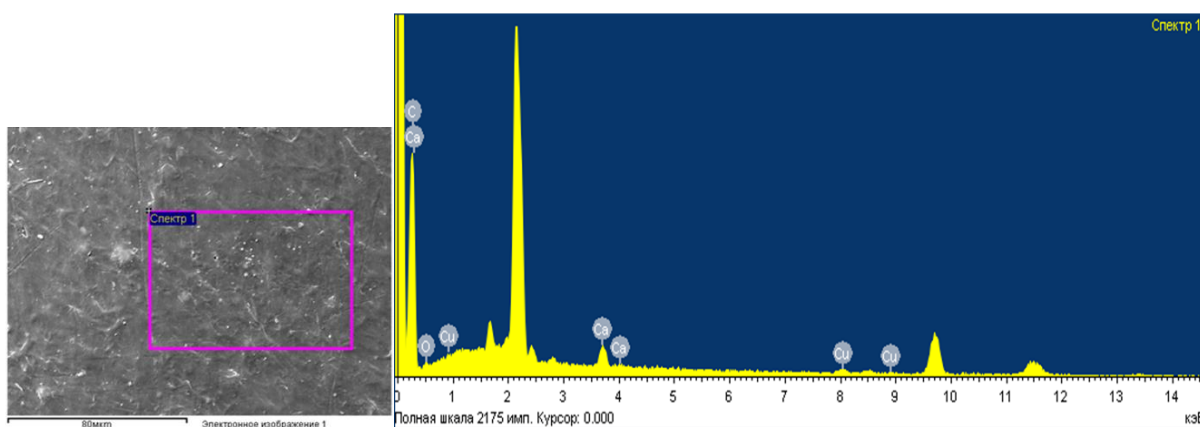


Рис. 1. Структура целлофанового пакета.

Таблица 1. Состав полимеров целлофанового пакета.

Элемент	Усл. конц.	Весовой (%)	Атомный (%)
C	18.79	79.85	89.37
O	0.50	9.14	7.68
Ca	0.85	5.00	1.68
Cu	0.78	6.01	1.27

- Второй образец – пакет из магазина «Лента» (производитель: ООО «Кенгуру»):

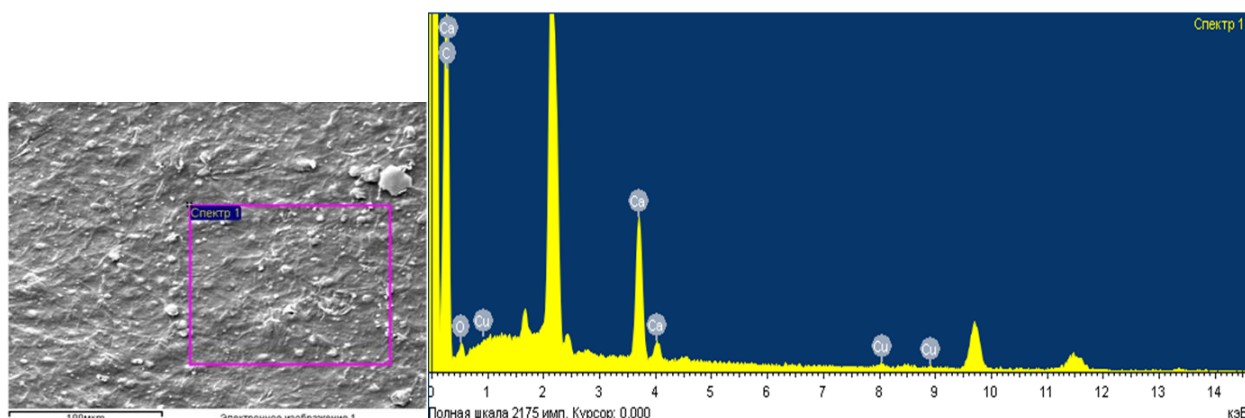


Рис. 2. Структура пакета из магазина.

Таблица 2. Состав полимеров пакета из магазина.

Элемент	Усл. конц.	Весовой (%)	Атомный (%)
C	30.98	66.48	80.37
O	1.44	14.35	13.02
Ca	5.70	16.67	6.04
Cu	0.64	2.50	0.57

2. Третий образец – мусорный пакет (зеленый, обыкновенный):

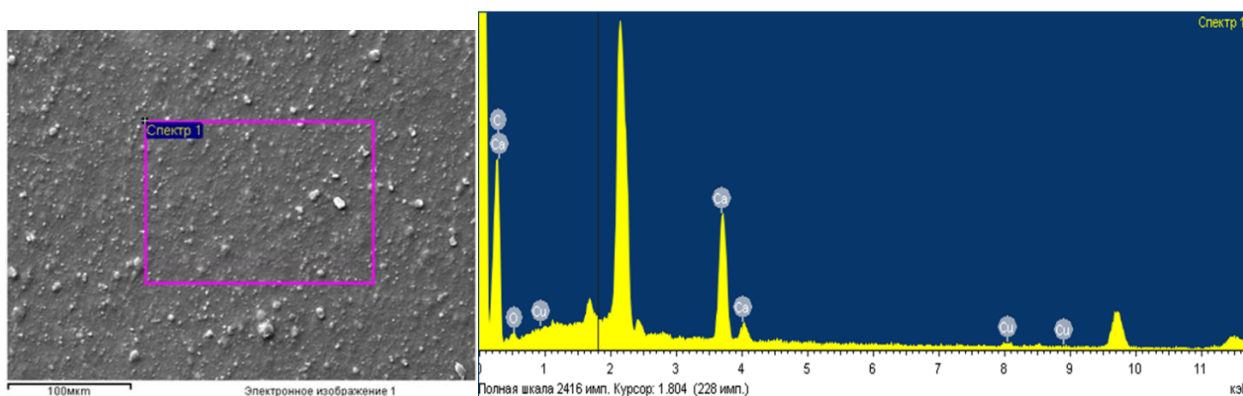


Рис. 3. Структура мусорного пакета.

Таблица 3. Состав полимеров мусорного пакета.

Элемент	Усл. конц.	Весовой (%)	Атомный (%)
C	19.05	61.06	79.12
O	0.74	10.83	10.54
Ca	6.07	24.10	9.36
Cu	0.76	4.01	0.98

3. Четвертый образец – био пакет для мусора (производитель: ООО «Аквикомп»):

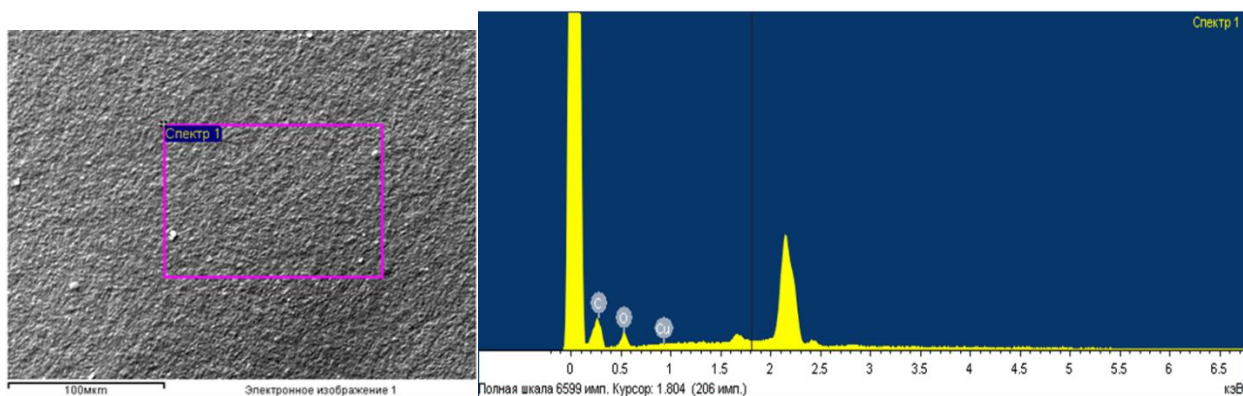


Рис. 4. Структура био пакета для мусора.

Таблица 4. Состав полимеров биоупаковки для мусора.

Элемент	Усл. конц.	Весовой (%)	Атомный (%)
C	7.87	50.40	59.81
O	3.79	43.61	38.85
Cu	0.69	5.99	1.34

Получив и проанализировав результаты из лаборатории, мы пришли к выводу, что состав абсолютно всех пакетов практически одинаков. Во всех пакетах, помимо углерода и кислорода, присутствует медь, которая отличается по соотношению у разных производителей. Несмотря на то, что концентрация элементов в пакетах всех производителей различна, медь имеет самую схожую долю концентрации. То есть, мы можем говорить о том, что медь необходима в производстве, причем в определенном, небольшом количестве, но стоит понимать, что она является тяжелым металлом, который может попасть в организм человека. В 3-х из 4-х пакетов в составе обнаружен кальций (примечательно, что кальций отсутствует именно в биоразлагаемом пакете). Стоит обратить внимание на то, что образец, заявленный как биоразлагаемый, имеет отличительную гладкую структуру, в нем нет крупных кусков материала. Это связано с тем, что производители биоразлагаемых продуктов уменьшают толщину своих изделий.

Опираясь на данные, полученные в ходе исследования, можно открыто заявить, что вред биоразлагаемых полимеров и продукции, изготовленной из них, связан с тем, что пакеты и бутылки по-прежнему разлагаются, оставляя в окружающей среде частицы микропластика. Многочисленные исследования ученых, например, исследование «Экологический износ биоразлагаемых, оксобиоразлагаемых, компостируемых и обычных пластиковых пакетов в море, почве и на открытом воздухе в течение 3 лет», которое в 2019-2022 годах сделали ученые из Плимутского университета в Британии подтвердило, что и обычные, и биоразлагаемые пакеты имеют отличие лишь в скорости

разложения, но оставляют после себя одинаковое количество микропластика. Мы приходим к выводу, что биоразлагаемые полимеры не могут уберечь человечество от микропластика. При этом, из-за того, что пакеты из таких материалов разлагаются быстрее, загрязнение окружающей среды микропластиком начинает усиливаться. Получается, пока человечество не научится бороться с микропластиком, упаковки, пакеты и бутылки из биоразлагаемых полимеров будут являться еще более худшим решением и не помогут спасти планету от загрязнения. Мы считаем, что на данный момент наилучшим вариантом для защиты окружающей среды является сокращение использования любой пластиковой упаковки. Хорошей альтернативой полимерам являются тканевые сумки и стеклянные тары.

### Литература

1. Зобкова М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 149-157.
2. Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р., Глоба А.И. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 04 «Технология пластических масс». Минск: БГТУ, 2014. 105 с.
3. Ларионов В.Г. Саморазлагающиеся полимерные материалы // Полимеры для пищевой промышленности. 1993.
4. Imogen E. Napper, Richard C. Thompson Environmental Deterioration of Biodegradable, Oxo-biodegradable, Compostable, and Conventional Plastic Carrier Bags in the Sea, Soil, and Open-Air Over a 3-Year Period // Environmental Science & Technology, American Chemical Society, May 1, 2019.
5. <https://wedocs.unep.org> – программа ООН для защиты окружающей среды (дата обращения 01.08.2023).

### Literature

1. Zobkova M.B., Esyukova E.E. Microplastics in the marine environment: a review of methods for sampling, preparation and analysis of water samples, bottom sediments and coastal sediments // *Oceanology*. 2018. V. 58. No. 1. P. 149-157.
2. Krutko E.T., Prokopchuk N.R., Globa A.I. Technology of biodegradable polymeric materials: textbook.-method. manual for students of specialty 1-48 01 02 "Chemical technology of organic substances, materials and products" specialization 1-48 01 02 04 "Technology of plastics". Minsk: BSTU, 2014. 105 p.
3. Larionov V.G. Self-decomposing polymeric materials // *Polymers for the food industry*. 1993.
4. Imogen E. Napper, Richard C. Thompson Environmental Deterioration of Biodegradable, Oxo-biodegradable, Compostable, and Conventional Plastic Carrier Bags in the Sea, Soil, and Open-Air Over a 3-Year Period // *Environmental Science & Technology*, American Chemical Society, May 1, 2019.
5. <https://wedocs.unep.org> - the United Nations program for environmental protection (accessed 01.08.2023).

© Марк М. А., Савиных А. А., Грициенко Г. В., Погорелов М. А., Скрыпкин К. А., Юрьев В. А., 2023, *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*.

**Для цитирования:** Марк М. А., Савиных А. А., Грициенко Г. В., Погорелов М. А., Скрыпкин К. А., Юрьев В. А. ОЦЕНКА ВРЕДА ПАКЕТОВ ИЗ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ// *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*