

ISSN 2218–130X

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
«Вестник Санкт-Петербургского  
университета ГПС МЧС России»

Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service  
of EMERCOM of Russia

№ 3 – 2023

<b>Редакционный совет</b>	
<b>Матвеев А.В.</b> <i>Председатель</i>	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Ложкин В.Н.</b>	д.т.н., проф., засл. деят. науки Рос. Федерации, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Калач А.В.</b>	д.х.н., проф., Воронежский институт федеральной службы исполнения наказаний России, г. Воронеж, Россия
<b>Мокрозуб В.Г.</b>	д.т.н., проф., член-корреспондент РАЕН, почет. работник Высш. проф. обр. Рос. Федерации, Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия
<b>Кубасов И.А.</b>	д.т.н., доц., Академия управления МВД России, Москва, Россия
<b>Маторин С.И.</b>	д.т.н., проф., Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия
<b>Минаков В.Ф.</b>	д.т.н., проф., Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, Россия
<b>Рыбаков А.В.</b>	д.т.н., проф., Академия гражданской защиты МЧС России, Москва, Россия
<b>Буйневич М.В.</b>	д.т.н., проф., Санкт-Петербургский университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия
<b>Сатыбалдина Д.Ж.</b>	к.ф.-м.н., доц., Евразийский национальный университет им. Л.Г. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
<b>Дворников С.В.</b>	д.т.н., проф., Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия
<b>Израилов К.Е.</b>	к.т.н., Санкт-Петербургский университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, Россия; Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
<b>Тиамийу О.А.</b>	к.т.н., Государственный университет, г. Илорина, Нигерия

<b>Ивахнюк Г.К.</b>	д.х.н., проф., лауреат премии Правительства Рос. Федерации в обл. науки и техники, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия
<b>Барбин Н.М.</b>	д.т.н., проф., Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия
<b>Гончаренко И.А.</b>	д.ф-м.н., проф., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь
<b>Богданова В.В.</b>	д.х.н., проф., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

<b>Редакционная коллегия</b>	
<b>Зыбина О.А.</b> <i>Председатель</i>	д.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Онов В.А.</b> <i>Заместитель председателя</i>	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Турсенев С.А.</b>	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Терехин С.Н.</b>	д.т.н., доц. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Евдокимов В.И.</b>	д.мед.н., проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Ложкина О.В.</b>	д.т.н., к.х.н., проф., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
<b>Максимов А.В.</b> <i>Секретарь</i>	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

<b>Editorial council</b>	
<b>Matveev A.V.</b> <i>Chairman</i>	PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Lozhkin B.N.</b>	DSc, prof., honored activity science Russian Federations, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Kalach A.V.</b>	DSc, prof., Voronezh institute of the federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russia
<b>Mokrozub V.G.</b>	DSc, prof., corresponding member of the Russian academy of natural sciences, honor. Higher worker prof. arr. Russian Federation, Tambov state technical university, Tambov, Russia
<b>Kubasov I.A.</b>	DSc, associate prof., Academy of management of the Ministry of internal affairs of Russia, Moscow, Russia
<b>Matorin S.I.</b>	DSc, prof., Belgorod university of cooperation, economics and law, Belgorod, Russia
<b>Minakov V.F.</b>	DSc, prof., Saint-Petersburg state university of economics, Saint-Petersburg, Russia
<b>Rybakov A.V.</b>	DSc, prof., Academy of civil protection of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia
<b>Buynevich M.V.</b>	DSc, prof., Saint-Petersburg university of telecommunications prof. M.A. Bonch-Bruevich, Saint-Petersburg, Russia
<b>Satybaldina D.Zh.</b>	PhD, associate prof., Eurasian national university L.G. Gumilyov, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
<b>Dvornikov S.V.</b>	DSc, prof., Military academy of communications. Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Saint-Petersburg, Russia
<b>Izrailov K.E.</b>	PhD, Saint-Petersburg university of telecommunications prof. M.A. Bonch-Bruevich, Saint-Petersburg, Russia; Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences, Saint-Petersburg, Russia
<b>Thiamiyu O.A.</b>	PhD, State university, Ilorina, Nigeria
<b>Ivakhnyuk G.K.</b>	DSc, prof., laureate of the Government prize Russian Federation in the region science and technology, Saint-Petersburg state technological institute (technical university), Saint-Petersburg, Russia
<b>Barbin N.M.</b>	DSc, prof., Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia
<b>Goncharenko I.A.</b>	DSc, prof., University of civil protection of the Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
<b>Bogdanova V.V.</b>	DSc, prof., University of civil protection of the Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<b>Editorial board</b>	
<b>Zybina O.A.</b> <i>Chairman</i>	DSc, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Onov V.A.</b> <i>Deputy chairman</i>	PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Tursenev S.A.</b>	PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Terekhin S.N.</b>	DSc, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Evdokimov V.I.</b>	DSc, prof., All-Russian center for emergency and radiation medicine A.M. Nikiforov of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Lozhkina O.V.</b>	DSc, PhD, prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
<b>Maksimov A.V.</b> <i>Secretary</i>	PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

### ***ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ***

- Иванова И.В., Русскова И.Г.** Исследование теплотехнических характеристик топлива из древесных отходов и их экологической безопасности. .... 1
- Грешных А.А., Рондырев-Ильинский В.Б., Красильников Д.А., Артамонов В.С.** К вопросу привлечения добровольных пожарных к несению караульной службы: проблемы и пути решения. .... 11
- Кузьмина Т.А., Марченко М.А.** К вопросу обеспечения пожарной безопасности объектов защиты ..... 18
- Кожевин Д.Ф.** Определение параметров процессов горения в «Коронном» пламени. ... 28

### ***БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ***

- Сытдыков М.Р., Балобанов А.А., Иванов А.В.** Оценка степени ущерба при авариях магистральных трубопроводов методом анализа иерархий. .... 36

### ***ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ***

- Дворников С.В., Якушенко С.А., Погорелов А.А.** Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов в зонах чрезвычайной ситуации. .... 45
- Пефтибай Г.И., Галухин Н.А., Ивахненко А.В.** Параметрический метод расчета треугольных весовых коэффициентов в матрице попарных сравнений ..... 54
- Мелешко А.В., Десницкий В.А.** Методика обнаружения атак в самоорганизующихся децентрализованных беспроводных сенсорных сетях. .... 63
- Коцюба И.Ю., Шестаков А.В.** Механизмы актуализации трудовых функций должностных лиц в области информационной безопасности МЧС России. .... 75
- Метельков А.Н., Уткин О.В.** Обращение со служебной информацией в МЧС России: гармонизация терминологии. .... 84
- Буйневич М.В., Ярошенко А.Ю.** Алгоритм многокритериального анализа текстовой информации. .... 95
- Зубова Л.В., Зубов А.О., Чернышев В.В., Карпенко К.А.** Методика определения рискоемкости этапов жизненного цикла Гособоронзаказа. .... 106
- Вострых А.В., Медведев Д.В.** Алгоритм многокритериального анализа текстовой информации. .... 118

### ***ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ***

- Корнейчук К.А., Лоран Н.М., Гилек С.А.** Направления совершенствования оперативного обмена информацией в местных пожарно-спасательных гарнизонах. .... 129
- Асташенко А.Н.** Разработка экономико-математической модели мониторинга совокупной стоимости рисков системы управления инвестиционно-строительными проектами. .... 137
- Ахунова Д.Г.** Имитационная модель поддержки принятия решений по размещению пожарно-спасательных подразделений на территории Санкт-Петербурга. .... 152

## CONTENTS

### *FIRE SAFETY*

<b>Ivanova I.V., Russkova I.G.</b> Investigation of heat technical characteristics of fuel from wood waste and their environmental safety. ....	1
<b>Greshnykh A.A., Rondyrev-Ilyinsky V.B., Krasilnikov D.A., Artamonov V.S.</b> To the question of engagement of volunteer fire to guard service: problems and solutions. ....	11
<b>Kuzmina T.A., Marchenko M.A.</b> To the issue of ensuring fire safety of control facilities. ....	18
<b>Kozhevnikov D.F.</b> Determination of parameters of combustion processes in the «Crown» flame. ....	28

### *SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS*

<b>Sydykov M.R., Balobanov A.A., Ivanov A.V.</b> Assessment of the degree of damage in case of accidents of trunk pipelines by the method of hierarchy analysis. ....	36
---	----

### *INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND CONTROL*

<b>Dvornikov S.V., Yakushenko S.A., Pogorelov A.A.</b> Problems of navigation support for mobile objects in emergency zones. ....	45
<b>Peftibay G.I., Galukhin N.A., Ivakhnenko A.V.</b> Parametrical method for calculation of triangular weight coefficients in matrix of paired comparisons. ....	54
<b>Meleshko A.V., Desnitsky V.A.</b> Technique of attack detection in self-organizing decentralized wireless sensor networks. ....	63
<b>Kotsyuba I.Yu., Shestakov A.V.</b> Mechanisms for updated labor functions of officials in the field of information security of EMERCOM of Russia. ....	75
<b>Metelkov A.N., Utkin O.V.</b> Handling with office information to of EMERCOM of Russia: harmonization of terminology. ....	84
<b>Buinevich M.V., Yaroshenko A.Yu.</b> Algorithm for multi-criteria analysis of text information. ....	95
<b>Zubova L.V., Zubov A.O., Chernyshev V.V., Karpenko K.A.</b> Methodology for determining the risk intensity of stages of the life cycle of state defense orders. ....	106
<b>Vostrykh A.V., Medvedev D.V.</b> Algorithm for multi-criteria analysis of text information. ..	118

### *WORKS OF YOUNG SCIENTISTS*

<b>Korneychuk Ch.A., Loran N.M., Gilek S.A.</b> Directions for improving the operational exchange of information in local fire and rescue garrisons. ....	129
<b>Astashenko A.N.</b> Development of an economic and mathematical model for monitoring the total cost of risks in the management system of investment and construction projects. ....	137
<b>Akhunova D.G.</b> Simulation model for decision support of locating fire and rescue units in Saint-Petersburg. ....	152

---

---

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

---

---

Научная статья

УДК 620.91; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-1-10

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВА ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Иванова Ирена Викторовна.**

**Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,  
Санкт-Петербург, Россия.**

✉ **Русскова Ирина Германовна.**

**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия**

✉ *russkova\_ig@spbstu.ru*

*Аннотация.* Исследованы некоторые особенности древесных отходов как топлива, оценено их влияние на процесс газификации. Изучены различные теплотехнические характеристики опытных образцов древесины и определен состав рабочей массы топлива из древесных отходов (топливная щепа и опилки). Результаты исследований показали, что древесные отходы отличаются от древесного топлива только повышенным содержанием золы и влаги. Предложена методика, определяющая оптимальное значение параметров процесса сжигания и в первую очередь влажности образцов. Это способствует получению высоко калорийного генераторного газа и снижает затраты на подсушку отходов до абсолютно сухого состояния.

Сделаны выводы об экологичности и перспективности использования древесных отходов как альтернативного, эффективного и экологически чистого топлива.

*Ключевые слова:* экология, древесная биомасса, теплотехнические характеристики, влажность, зольность, выход летучих, теплота сгорания, газификация

**Для цитирования:** Иванова И.В., Русскова И.Г. Исследование теплотехнических характеристик топлива из древесных отходов и их экологической безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 1–10. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-1-10.

Scientific article

## INVESTIGATION OF HEAT TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FUEL FROM WOOD WASTE AND THEIR ENVIRONMENTAL SAFETY

**Ivanova Irena.V.**

**Saint-Petersburg state forest technical university named after S.M. Kirov,  
Saint-Petersburg, Russia.**

**Russkova Irina.G.**

**Saint-Petersburg polytechnic Peter the Great university, Saint-Petersburg, Russia**

✉ *russkova\_ig@spbstu.ru*

*Abstract.* In this article, some features of wood waste as a fuel are investigated, and their influence on the gasification process is assessed. Various thermal characteristics of prototype wood

samples were studied and the composition of the working mass of fuel from wood waste (fuel chips and sawdust) was determined. The results of the research showed that wood waste differs from wood fuel only in an increased content of ash and moisture. A technique is proposed that determines the optimal value of the parameters of the combustion process and, first of all, the moisture content of the samples. This contributes to the production of high-calorific producer gas and reduces the cost of drying waste to a completely dry state.

Conclusions are drawn about the environmental friendliness and prospects for the use of wood waste as an alternative, efficient and environmentally friendly fuel.

*Keywords:* ecology, woody biomass, thermal characteristics, humidity, ash content, release of volatiles, heat of combustion, gasification

**For citation:** Ivanova I.V., Russkova I.G. Investigation of heat technical characteristics of fuel from wood waste and their environmental safety // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 1–10. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-1-10.

## Введение

Нет сомнений, что в ближайшее время и на долгие годы древесные отходы станут основным видом топлива для предприятий лесозаготовительной и деревоперерабатывающей промышленности в Российской Федерации. Для подобного утверждения есть несколько причин:

– заканчиваются запасы традиционных видов топлива (природного газа, нефти, каменного угля) в разрабатываемых месторождениях. С учетом разведанных месторождений, по мнению некоторых независимых экспертов – оптимистов, природных ресурсов хватит на 70 лет;

– экологические проблемы при сжигании природных топлив становятся все острее и требуют немедленного решения, иначе человечество задохнется от вредных выбросов, которые ежедневно, ежечасно выбрасываются в атмосферу теплосиловыми установками, работающими на традиционных видах топлива. Первое место по вредным выбросам в атмосферу занимают отопительные, производственно-отопительные котельные, тепловые электростанции (ТЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

Если для России с ее огромными запасами каменного угля, нефти, газа срок их исчезновения отодвигается на значительно позднее время, то несмотря на это назревает серьезный кризис в топливно-энергетическом секторе страны: непрерывный рост цен и тарифов на природный газ, мазуты, жидкое топливо, каменный уголь, на электроэнергию и тепловую энергию – все это ведет к увеличению топливно-энергетической составляющей в себестоимости продукции предприятий [1]. Снижается рентабельность предприятий, продукция становится не конкурентоспособной.

В России свыше 60 % территорий, на которых проживает до 10 % населения, отсутствует централизованное электроснабжение. Удаленные от систем центрального электроснабжения населенные пункты обеспечиваются местными теплоэнергетическими установками, работающими на привозном твердом или жидком топливе [2]. Говорить о рентабельности предприятий в этих населенных пунктах не приходится.

Еще одна причина, которая уже оказывает влияние на рост цен на электроэнергию и будет оказывать по нарастающей в далекой перспективе – электрическая энергосистема, построенная за годы советской власти, выработала или почти выработала свой ресурс и требует капитального ремонта. Затраты на ремонт энергосетей, электростанций и т.д. обязательно будут включены в себестоимость электрической энергии. В этих условиях является естественным повышенное внимание, проявляемое предприятиями лесной отрасли к дешевому, возобновляемому источнику энергии.

Ряд предприятий отрасли использует паровые котлы фирмы ОАО «Бийский котельный завод», паровые турбины малой мощности фирмы ОАО «Калужский турбинный завод» собственной, в несколько раз более дешевой электроэнергии и тепловой

энергии на древесных отходах. Успешно работают паротурбинные установки на деревообрабатывающем комбинате «Солдек» (г. Сокол), «Лесдок» (г. Харовск, Вологодской области), фанерном заводе «Новатор» (г. Великий Устюг, Вологодской области) и ряде других крупных предприятий. В установках подобного типа древесные отходы сжигают в виде щепы (измельченные на рубительной машине древесные отходы), пеллет (гранул) или брикетов, то есть в том или ином виде предварительно подготовленные отходы.

Учитывая, что для сжигания древесных отходов обязательно требуется предварительная подготовка для теплоэнергетических установок предприятий небольшой мощности, предприятий и населенных пунктов, удаленных от систем теплоэнергоснабжения, для топочных устройств специального назначения будет интересным и экологически обоснованным предварительная глубокая переработка древесных отходов в газообразное топливо [3]. Данное направление является востребованным на сегодняшний день, ведется множество разработок и исследований в этой области.

### Методы исследования

В настоящее время есть необходимость в использовании новых взглядов и методов исследования, а в некоторых случаях и постановки новых задач исследования теплотехнических характеристик древесной биомассы, основанных на сравнительном анализе. В данной работе применяется метод лабораторного анализа для энергетической и экологической оценки использования различных отходов древесного топлива для целей получения тепловой энергии.

Газообразное топливо имеет ряд преимуществ перед любыми другими видами топлива. Газообразное топливо можно транспортировать на любые расстояния, хранить в специальных емкостях (газгольдерах), газ хорошо горит и полностью сгорает, не выделяя сажистых отложений, при минимальном коэффициенте избытка воздуха. Предварительная газификация древесных отходов единственный способ, который позволяет заменить жидкое топливо на электрических станциях с дизельным двигателем или газотурбинными установками. Перевод котельных агрегатов, сушильных установок, двигателей внутреннего сгорания на генераторный газ не требует серьезных капитальных затрат. Экологичность этого топлива очевидна.

Положительные свойства газообразного топлива в значительной мере покрывают затраты предприятия на переработку древесных отходов в генераторный газ.

Процесс переработки древесных отходов в газообразное топливо или газификация древесных отходов представляет собой термохимический процесс при высоких температурах, в котором участвуют древесные отходы, их влага и воздух в количествах, значительно меньших, чем это необходимо для полного сгорания отходов. Полученный газ называют газифицированным, а аппарат, в котором он образуется, – газогенератором [4].

Процесс газификации твердых топлив, как правило, низкосортных, известен давно. Достаточно глубоко изучался и широко использовался особенно в 30–50-х гг. прошлого века. Газифицировались каменный уголь, бурый уголь, сланцы, торф, древесное топливо. Качество древесного топлива для последующей газификации определялось по ГОСТ-2720-44, в котором были оговорены: порода древесины (в первую очередь береза, бук, граб, ясень и т.д., в последнюю – осина, ель, сосна), относительная влажность 15...18 %, размеры газогенераторной чурки 4×7×10 см и т.д. Казалось бы, при таком серьезном подходе к проблеме газификации низкосортных топлив, богатому опыту по эксплуатации газогенераторных установок, накопленному за многие годы, перевод на газификацию древесных отходов не должен вызвать каких-либо затруднений. Однако на практике оказалось, что процесс газификации древесных отходов в значительной степени отличается от стандартизированной газогенераторной чурки. Причина отличия заключается в целом ряде

свойств, присущих только древесным отходам, которые определенным образом оказывают непустое влияние на процесс газификации.

В данной статье сделана попытка исследовать некоторые особенности древесных отходов как топлива и их влияние на процесс газификации.

Ежегодно на предприятиях лесопромышленного комплекса образуется до 70 млн т древесных отходов. По своему происхождению, природе и свойствам их можно разделить на три вида: отходы лесозаготовок, которые составляют до 60 % от массы заготавливаемой древесины; отходы лесопильных предприятий, их доля составляет в среднем до 56 % от общей массы обрабатываемой древесины; отходы деревообрабатывающих предприятий, которые составляют 30 % от общей массы обработанной древесины.

Отходы лесозаготовительного производства – это вершины, ветви, сучья, хвоя, листья и пр. В естественной форме лесосечные отходы нетранспортабельны и поэтому их измельчают перед вывозкой к месту потребления. Лесосечные отходы имеют высокую влажность, в зависимости от времени года (весна, лето, зима) она достигает 40...50 %. При этом всегда влажность ветвей, листьев, хвои выше, чем влажность торцевой части хлыста.

В чистом виде древесина содержит 0,6...1,0 % золы. Лесосечные отходы имеют повышенное содержание золы за счет минеральных примесей попадающих при заготовке, трелевке и транспортировке древесины на нижний склад.

Отходы лесопиления – кора, горбыль, рейка срезки, короткомеры. Кора представляет собой верхний слой дерева, удаленный при окорке перед распиловкой. Перед подачей в топку иногда кору измельчают. Она может содержать до 80 % влаги (кора сплавной древесины). Горбыль – периферийная часть кряжа, отделяемая при его распиловке. Большая часть горбыля идет на технологическую щепу и только низкосортная идет на топливную щепу. Рейка – боковая часть доски, отделяемая при продольной распиловке. Перед подачей в топку обычно дробится.

Отходы деревообрабатывающих предприятий – стружка, опилки, отходы производства технологической щепы, кусковые отходы различной формы и размеров.

Использование древесных отходов в качестве топлива имеет ряд преимуществ по сравнению с другими, традиционными видами топлива. Древесное топливо содержит незначительное количество серы и фосфора, что позволяет снизить температуру продуктов сгорания до 110...120 °С; древесное топливо является возобновляемым источником энергии; древесные отходы как вид топлива имеют нулевую стоимость, чаще всего их энергетическое использование позволяет ликвидировать затраты предприятия на их вывозку в отвалы; древесное топливо – экологически чистое топливо; высокая реакционная способность древесины позволяет сжигать ее при низкой температуре, что снижает выбросы азота в атмосферу.

Древесное топливо и особенно древесные отходы обладают рядом существенных недостатков, которые сдерживают его энергетическое использование. Из перечисленных видов отходов большинство требует измельчения перед подачей в топку котла, в газогенератор и т.д.

Отходы в естественном виде обладают высокой влажностью и, что не менее существенно, влажность отходов изменяется по высоте слоя. Древесина гигроскопична, она непрерывно или отдает, или поглощает влагу из окружающей среды. Влагосодержание древесных отходов величина непрерывно меняющаяся, что не позволяет управлять процессом горения.

Древесные отходы как топливо имеют низкую теплоту сгорания. Максимально возможная теплота сгорания абсолютно сухих отходов лежит в пределах 18,4...19 МДж/кг. Теплота сгорания зависит от влажности отходов и уменьшается с повышением их влажности [5].

Фракционный состав древесных отходов даже после измельчения колеблется в широких пределах от 1...50 мм. Это затрудняет подвод воздуха в зону горения и вызывает неравномерность интенсивности процесса горения по площади слоя топлива.

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведены исследования теплотехнических характеристик трех основных видов древесных отходов опилок, топливной щепы и коры хвойных пород в лаборатории кафедры промышленной энергетики Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета (СПбГЛТУ).

Опилки для анализа взяты на пилораме с циркулярной пилой, имеют удлиненную форму, сворачиваются, образуя трудно продуваемые и плохо проходящие в топливных котлах комья. При газификации, возможно, потребуются дробление или измельчение.

Топливая щепа получена путем измельчения древесных отходов березы, хвойных пород, ольхи. Фракционный состав щепы (частицы размером примерно 5×30×50 мм) составляет 70...80 %, остальные мелкие фракции.

Кора для опытов взята со свежесрубленной хвойной древесины (в основном сосна).

Определение характеристик проведено по стандартной методике: сушка отходов при температуре 102...105 °С до постоянной массы, три пробы [6]; зольность определялась при температуре 820 °С до прекращения горения, три пробы [7]; определение выхода летучих горючих веществ при температуре 820 °С [8] до полного прекращения горения факела над отверстием крышки, закрывающей тигль. Средние значения характеристик приведены в табл. 1.

Средние значения влажности  $W^p$ , зольности  $A^p$ , летучих веществ  $V^l$  и кокса древесных отходов найдены опытным путем в лаборатории кафедры промышленной энергетики СПбГЛТУ.

Таблица 1

Значения теплотехнических характеристик опытных образцов

№ п/п	Отходы	$W^p$ , %	$A^p$ , %	$V^l$ , %	Кокс, %
1	Опилки	30,02	0,42	82,2	17,8
2	Топливая щепа	14,7	1,802	84,1	15,9
3	Кора хвойных пород	49,8	1,41	71,3	28,7

Теплота сгорания отходов определялась расчетным путем по следующей общепризнанной методике [9]. Известно, что состав сухой массы определяется содержанием золы в древесных отходах. Уравнение элементарного состава сухой массы древесных отходов выглядит следующим образом:

$$C^c + H^c + O^c + N^c + A^c = 100 \%$$

В процессе опытов определена зольность рабочей массы каждого из испытуемых видов отходов при соответствующей влажности  $W^p$ .

Умножив значение найденной зольности  $A^p$  на коэффициент пересчета  $\frac{100}{100 - W^p}$ , найдем зольность сухой массы, которую обозначим  $A_2^c$ :

$$A_2^c = A^p \cdot \frac{100}{100 - W^p}$$

В литературе [5, 9, 10] приводится состав сухой массы древесного топлива при зольности  $A_1^c = 0,6\%$  и отмечается, что сухая масса топлива изменяется только с изменением зольности  $A^p$ . Состав сухой массы древесного топлива:  $C^c = 50\%$ ,  $H^c = 6\%$ ,  $O^c = 43,3\%$ ,  $N^c = 0,1\%$ ,  $A_1^c = 0,6\%$ .

Древесные отходы отличаются от древесного топлива только повышенным содержанием золы и влаги. Это дает возможность воспользоваться приведенным составом и пересчитать сухую массу отходов при зольности  $A_1^c$  на сухую массу отходов с зольностью  $A_2^c$  по уравнению типа:

$$C_2^c = C_1^c \cdot \frac{100 - A_1^c}{100 - A_2^c} \quad (1)$$

В уравнении (1) выражение  $\frac{100 - A_1^c}{100 - A_2^c}$  представляет собой коэффициент пересчета от сухой массы отходов с одной зольностью к сухой массе отходов с другой зольностью.

После пересчета получим состав сухой массы, например, для опилок с  $A^p = 1,802\%$  и влажностью  $W^p = 15\%$  следующего содержания:  $C^c = 49,24\%$ ,  $H^c = 5,91\%$ ,  $O^c = 42,65\%$ ,  $N^c = 0,098\%$ ,  $A^c = 2,12\%$ .

Подобная методика позволяет найти по опытным значениям  $A^p$  и  $W^p$  элементарный состав рабочей массы древесных отходов при любой влажности  $W^p$ . По изменению состава рабочей массы древесных отходов можно проследить изменение теплоты сгорания отходов в зависимости от изменения влажности и зольности. Результаты таких расчетов для опилок, топливной щепы и коры приведены в табл. 2–4.

Таблица 2

**Состав рабочей массы топлива из древесных отходов (опилки)**

Влажность, $W^p, \%$	Элементы состава рабочей массы древесных отходов					
	$C^p, \%$	$H^p, \%$	$O^p, \%$	$N^p, \%$	$A^p, \%$	$Q_n^p, \text{кДж/кг}$
0	50,00	6,0	43,3	0,1	0,6	18 415
5	47,5	5,7	41,135	0,095	0,57	17 493
10	45,0	5,4	38,97	0,09	0,54	16 574
15	42,5	5,1	36,8	0,085	0,51	15 652
20	40,0	4,8	34,64	0,0795	0,48	14 732
25	37,5	4,5	32,47	0,075	0,45	13 811
30	35,0	4,2	30,31	0,069	0,42	12 890
40	30,0	4,2	25,98	0,059	0,36	11 049
50	25,0	3,0	21,98	0,05	0,3	9 207

Из полученных результатов следует, что с ростом влажности отходов теплота сгорания снижается не только потому, что часть ее идет на превращение влаги топлива в пар, но и потому, что с ростом влажности падает содержание горючих элементов ( $C^p$ ,  $H^p$ ) в топливе.

Для газификации отходов с учетом восстановления водяных паров на водород  $H_2$  и окись углерода  $CO$  желательно использовать воздушно-сухие древесные отходы с влажностью не более  $W^p = 15...20\%$ . При этой влажности теплота сгорания отходов достаточно высокая, что способствует получению высококалорийного генераторного газа, снижает затраты на подсушку отходов до абсолютно сухого состояния.

Аналогичные итоги расчетов представлены для топливной щепы и коры. В этих отходах более высокое содержание золы и можно проследить изменение состава рабочей массы с ростом содержания золы при тех же, что и в табл. 1 значениях влажности.

Таблица 3

**Состав рабочей массы топлива из древесных отходов (топливная щепа)**

Влажность, $W^p$ , %	Элементы состава рабочей массы древесных отходов					
	$C^p$ , %	$H^p$ , %	$O^p$ , %	$N^p$ , %	$A^p$ , %	$Q_n^p$ , кДж/кг
0	49,24	5,91	42,65	0,098	2,12	18 135
5	46,78	5,61	40,50	0,093	2,014	17 223
10	44,32	5,32	38,37	0,088	1,908	16 324
15	41,854	5,02	36,25	0,083	1,802	15 410
20	39,39	4,73	34,12	0,078	1,696	14 507
25	36,93	4,43	31,99	0,074	1,59	13 600
30	34,46	4,14	29,9	0,069	1,48	12 692
40	29,54	3,55	25,59	0,059	1,272	10 880
50	24,62	2,955	21,32	0,049	1,06	9 068

Из табл. 3 видно, что благодаря большому содержанию золы в топливной щепе ее теплота сгорания снизилась в среднем на 280 кДж/кг. Это существенно при больших расходах топливной щепы.

Таблица 4

**Состав рабочей массы топлива из древесных отходов (кора хвойных пород)**

Влажность, $W^p$ , %	Элементы состава рабочей массы древесных отходов					
	$C^p$ , %	$H^p$ , %	$O^p$ , %	$N^p$ , %	$A^p$ , %	$Q_n^p$ , кДж/кг
0	48,88	5,86	42,33	0,098	2,82	17 998
5	46,44	5,57	40,21	0,093	2,68	17 980
10	44,0	5,27	38,1	0,088	2,54	16 188
15	41,56	4,98	35,98	0,083	2,4	15 298
20	39,108	4,69	33,86	0,078	2,26	14 398
25	36,66	4,39	31,75	0,073	2,11	13 488
30	34,22	4,1	29,63	0,068	1,974	12 599
40	29,33	3,52	25,4	0,059	1,69	10 798
50	24,4	2,93	21,16	0,05	1,41	8 999

Древесная кора по своим теплотехническим характеристикам отличается от опилок, топливной щепы и других древесных отходов. Определение элементов рабочей массы коры найдено по горючей массе, приведенной в работе [10], с использованием опытных значений золы  $A^p$  и влаги  $W^p$ , по уравнениям типа:

$$C^p = C^r \cdot \frac{100 - W^p - A^p}{100},$$

где  $C^p$  – содержание углерода в рабочей массе, %;  $C^r$  – содержание углерода в горючей массе, %;  $W^p$ ,  $A^p$  – соответственно, содержание влаги и золы в рабочей массе топлива, %.

Найденные состав и теплота сгорания позволят определить расчетным путем состав генераторного газа из перечисленных отходов, его теплоту сгорания, КПД газогенератора и выявить зависимость теплоты сгорания газа от элементного состава газифицируемых отходов [11].

Таким образом, используя данное сырье как побочный продукт лесозаготовки, удастся решить сразу несколько экологических проблем: снизить объемы заготовок древесного сырья как топлива в виде традиционных форм заготовленной древесины, минимизировать углеродный след и, как следствие, сократить объем парниковых газов, ответственных за потепление климата на планете, а также снизить величину поступления оксидов серы и азота в атмосферу, влияющих на образование кислотных дождей.

### Заключение

В состав рабочей массы древесины входит зола и влага. Известно, что зола, образующаяся при сгорании древесины из минеральных частиц ее клеток, составляет чуть более 1 %. Поэтому древесная биомасса считается самым беззольным из твердых топлив. Однако необходимо иметь в виду, что при заготовке, трелевке и перевозке древесины к ней и особенно к ее коре прилипают минеральные частицы грунта, сильно увеличивающие ее зольность. Поэтому такая приобретенная зольность древесных отходов может достигать 15 % и даже 20 %. Влажность древесного топлива также колеблется в очень широких пределах. Свежесрубленная древесина содержит 30...50 % влаги, а пролежавшая лето 20...30 %. Влажность отходов деревообрабатывающих производств в зависимости от места произрастания, способа транспортировки и хранения колеблется обычно в пределах от 5 до 20 %. Влажность отходов лесопильного производства составляет 10...50 %, сплавной коры до 80 %. Смешанные древесные отходы на лесозаготовительных предприятиях в среднем имеют влажность 40...50 %.

Еще недавно стремление использовать в качестве топлива биомассу, в частности древесные отходы, базировалось на следующих соображениях. Во-первых, многие виды биомасс, например, древесина, являются единственным топливом, самовозобновляющимся, при чем в больших объемах. Во-вторых, немаловажную роль сыграл и экологический аспект проблемы. Древесное топливо практически не содержит серы, имеет высокую реакционную способность и умеренные температуры горения. В продуктах сгорания этого топлива не содержится серного и сернистого газа, а количество окиси углерода и окислов азота при рациональных методах сжигания, может быть сведено к минимуму. К экологическим аспектам проблемы относится также наличие на многих предприятиях залежей гниющих древесных отходов, отравляющих воду, почву и воздух, объемы которых можно снизить за счет сжигания древесной биомассы.

### Список источников

1. Биоэнергетика как альтернатива традиционным источникам энергии / Д.Ю. Руди [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал «INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL». 2016. № 5 (47). С. 162–163.
2. Иванова И.В., Дейс А.Д. Рациональное ресурсо- и теплоиспользование в лесной промышленности: сб. статей по материалам науч.-техн. конф. Института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ – 2019. СПб.: СПбГЛТУ, 2020. С. 119–127.
3. Cho J., Joseph D. Heterogeneous model for moving bed gasification reactor // *Industrial and Eng Chemistry Des. and Development*. 1981. Vol. 20. № 2. S. 314–318.
4. Assessment of Energy Wood Resources in the Leningrad Region / T. Karjalainen [et al.] // *Developing Bioenergy Market – Focus on Forest Sector and Russia*. Lappeenranta, 2006. 20 p.

5. Иванова И.В., Иванов М.М. К вопросу о прямом сжигания биомассы для получения тепловой энергии: сб. статей по материалам науч.-техн. конф. Института технологических машин и транспорта леса по итогам научно-исследовательских работ – 2020. СПб.: СПбГЛТУ, 2021. С. 184–191.

6. ГОСТ Р 52911–2013. Топливо твердое минеральное. Определение общей влаги. М.: Стандартинформ, 2014. 11 с.

7. ГОСТ 11022–95 (ИСО 1171–97). Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности (с изм. № 1). М.: Стандартинформ, 2006. 6 с.

8. ГОСТ 6382–2001 (ИСО 562–98, ИСО 5071-1–97). Топливо твердое минеральное. Методы определения выхода летучих веществ. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. 19 с.

9. Гомонай М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография. М.: Изд-во МГУЛ, 2006. 68 с.

10. Энергетическое использование древесной биомассы: заготовка, транспортировка, переработка и сжигание: учеб. пособие / В.С. Сюнев [и др.]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 123 с.

11. Теория горения и взрыва. Учебник и практикум: учеб. пособие для студ. вузов / ред. А.В. Тотай, О.Г. Казаков. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2014. 295 с.

### References

1. Bioenergetika kak al'ternativa tradicionnym istochnikam energii / D.Yu. Rudi [i dr.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal «INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL». 2016. № 5 (47). S. 162–163.

2. Ivanova I.V., Dejs A.D. Racional'noe resurso- i teploispol'zovanie v lesnoj promyshlennosti: sb. statej po materialam nauch.-tekhn. konf. Instituta tekhnologicheskikh mashin i transporta lesa po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot – 2019. SPb.: SPbGLTU, 2020. S. 119–127.

3. Cho J., Joseph D. Heterogeneous model for moving bed gasification reactor // Industrial and Eng Chemistry Des. and Development. 1981. Vol. 20. № 2. S. 314–318.

4. Assessment of Energy Wood Resources in the Leningrad Region / T. Karjalainen [et al.] // Developing Bioenergy Market – Focus on Forest Sector and Russia. Lappeenranta, 2006. 20 p.

5. Ivanova I.V., Ivanov M.M. K voprosu o pryamom szhiganiya biomassy dlya polucheniya teplovoj energii: sb. statej po materialam nauch.-tekhn. konf. Instituta tekhnologicheskikh mashin i transporta lesa po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot – 2020. SPb.: SPbGLTU, 2021. S. 184–191.

6. GOST R 52911–2013. Topливо tverdoe mineral'noe. Opredelenie obshchej vlagi. M.: Standartinform, 2014. 11 s.

7. GOST 11022–95 (ISO 1171–97). Topливо tverdoe mineral'noe. Metody opredeleniya zol'nosti (s izm. № 1). M.: Standartinform, 2006. 6 s.

8. GOST 6382–2001 (ISO 562–98, ISO 5071-1–97). Topливо tverdoe mineral'noe. Metody opredeleniya vyhoda letuchih veshchestv. M.: IPK Izd-vo standartov, 2002. 19 s.

9. Gomonaj M.V. Proizvodstvo toplivnyh briketov. Drevesnoe syr'e, oborudovanie, tekhnologii, rezhimy raboty: monografiya. M.: Izd-vo MGUL, 2006. 68 s.

10. Energeticheskoe ispol'zovanie drevesnoj biomassy: zagotovka, transportirovka, pererabotka i szhiganie: ucheb. posobie / V.S. Syunev [i dr.]. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2014. 123 s.

11. Teoriya goreniya i vzryva. Uchebnik i praktikum: ucheb. posobie dlya stud. vuzov / red. A.V. Totaj, O.G. Kazakov. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Yurajt, 2014. 295 s.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 15.06.2023; одобрена после рецензирования: 04.07.2023;  
принята к публикации: 10.07.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 15.06.2023; approved after review: 04.07.2023;  
accepted for publication: 10.07.2023

*Сведения об авторах:*

**Иванова Ирена Викторовна**, доцент кафедры промышленной энергетики Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова (194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5), кандидат технических наук, e-mail: irenalta@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4068-6741>, SPIN-код: 9424-7866

**Русскова Ирина Германовна**, доцент Высшей школы техносферной безопасности инженерно-строительного института Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), кандидат технических наук, e-mail: russkova\_ig@spbstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6867-850X>, SPIN-код: 9336-9420

*Information about authors:*

**Ivanova Irena V.**, associate professor of the department of industrial energy Saint-Petersburg state forestry university named after. S.M. Kirova (194021, Saint-Petersburg, Institutskiy per., 5), candidate of technical sciences, e-mail: irenalta@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4068-6741>, SPIN: 9424-7866

**Russkova Irina G.**, associate professor of the Higher school of technospheric civil engineering institute of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnicheskaya st., 29), candidate of technical sciences, e-mail: russkova\_ig@spbstu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6867-850X>, SPIN: 9336-9420

Научная статья

УДК 614.841; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-11-17

## **К ВОПРОСУ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ДОБРОВОЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ К НЕСЕНИЮ КАРАУЛЬНОЙ СЛУЖБЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

**Грешных Антонина Адольфовна.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.**

✉ **Рондырев-Ильинский Владимир Борисович.**

**Нижевартовский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия.**

**Красильников Дмитрий Александрович.**

**Главное управление МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре,  
г. Ханты-Мансийск, Россия.**

**Артамонов Владимир Сергеевич.**

**АО «НПО Спецматериалов», Санкт-Петербург, Россия**

✉ **osipt@list.ru**

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы, связанные с подготовкой и привлечением членов добровольной пожарной охраны к дежурствам в подразделениях Государственной противопожарной службы, на примере Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Определены основные задачи, порядок прохождения дежурства добровольных пожарных команд.

Для повышения эффективности деятельности добровольных пожарных команд предложено проводить в период дежурств ученья и отработку мероприятий, планируемых в зависимости от текущей оперативной обстановки с пожарами.

Коротко рассмотрен вопрос развития добровольных пожарных формирований периода до 1917 г. в исторической ретроспективе.

*Ключевые слова:* добровольная пожарная команда, пожарные подразделения, дежурство, дежурный караул

**Для цитирования:** Грешных А.А., Рондырев-Ильинский В.Б., Красильников Д.А., Артамонов В.С. К вопросу привлечения добровольных пожарных к несению караульной службы: проблемы и пути решения // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 11–17. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-11-17.

Scientific article

## **TO THE QUESTION OF ENGAGEMENT OF VOLUNTEER FIRE TO GUARD SERVICE: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

**Greshnykh Antonina A.**

**Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.**

✉ **Rondyrev-Ilyinsky Vladimir B.**

**Nizhnevartovsk state university, Nizhnevartovsk, Russia.**

**Krasilnikov Dmitry A.**

**Main directorate of EMERCOM of Russia for the Khanty-Mansiysk autonomous okrug –  
Yugra, Khanty-Mansiysk, Russia.**

**Artamonov Vladimir S.**

**JSC «NPO Spetsmaterialov», Saint-Petersburg, Russia**

✉ **osipt@list.ru**

*Abstract.* Issues related to the training and involvement of members of the voluntary fire brigade on duty in the divisions of the State fire service are considered, using the example of the

Nizhnevartovsk region of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra. The main tasks, the procedure for passing the duty of voluntary fire brigades are determined.

In order to increase the efficiency of the activities of voluntary fire brigades, it was proposed to conduct exercises and work out activities planned during the period of duty depending on the current operational situation with fires.

The issue of the development of voluntary fire brigades of the period before 1917 is briefly considered in a historical retrospective.

*Keywords:* voluntary fire brigade, fire departments, duty, duty guard

**For citation:** Greshnykh A.A., Rondyrev-Ilyinsky V.B., Krasilnikov D.A., Artamonov V.S. To the question of engagement of volunteer fire to guard service: problems and solutions // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 11–17. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-11-17.

## Введение

Согласно Федеральному закону Российской Федерации «О добровольной пожарной охране»: – «Добровольная пожарная охрана – социально ориентированные общественные объединения пожарной охраны, созданные по инициативе физических лиц и (или) юридических лиц и общественных объединений для участия в профилактике и (или) тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ» [1, 2].

Также можно сказать – это добровольное объединение граждан с целью участия в организации предупреждения пожаров и их тушении в населённых пунктах и на предприятиях.

История таких объединений прошла сложный путь понимания опасности катастрофических пожаров. В истории России, начиная с древних времен, пожары приносили неисчислимы человеческие жертвы и гибель материальных ценностей. Древние летописи скрупулёзно фиксируют пожары в домонгольский период существования русских княжеств. Неоднократно выгорали города Владимир, Суздаль, Юрьев, Новгород, Ладога, Русса и др. В 1233 г. полностью сгорела Москва.

## Возрождение Всероссийского добровольного пожарного общества

В начальный период тушением пожаров стихийно занимались люди, жившие в селениях (рис. 1). С развитием городов увеличивалось и население. Увеличились и масштабы пожаров. Низкий уровень общественной организации и технической культуры оказывали негативное влияние на катастрофические последствия возникающих пожаров. Не было единой структуры, которая могла бы противостоять огню. Все острее становилась потребность в создании общегосударственной системы мер, направленных на предотвращение и тушение пожаров. Поэтому по мере развития и укрепления государственности предпринимались попытки изменить сложившееся положение. Необходимо было изменить и отношение населения к выполнению правил обращения с огнем. С течением времени люди стали осознавать всю опасность пожаров и поначалу неумело и бессистемно взялись за организацию пожарного дела.

К тушению пожаров стали привлекать население, затем в 1802 г. в России было создано Министерство внутренних дел и принят Указ Александра 1 о формировании в Санкт-Петербурге при полиции пожарной команды из более полутора тысяч солдат внутренней стражи. Была создана пожарная охрана воинского типа.

Но профессиональная пожарная охрана не смогла в полной мере защитить население от пожаров, и добровольчество стало развиваться наряду с профессиональной пожарной охраной.



Рис. 1. Сельская добровольная пожарная дружина Владимирской губернии (1910 г.)

Пожарное добровольчество как форма общественной взаимопомощи получило распространение в России (в Российской Империи) в первой половине XIX в. К 1890 г. насчитывалось уже около 60 пожарных обществ, которые на съезде пожарных, состоявшемся 14–15 июня 1892 г., были объединены в Соединённое Российское пожарное общество, которое затем было переименовано в Императорское (ИРПО).

Трудное время переживало пожарное добровольчество в первые годы советской власти. В мае 1919 г. решением пожарно-страхового отдела ВСНХ, в котором было сосредоточено пожарное и страховое дело, деятельность Российского пожарного общества была полностью прекращена.

Реальные шаги по возрождению Всероссийского добровольного пожарного общества (ВДПО) относятся к 1960 г., когда Совет Министров РСФСР принимает в июле специальное постановление «Об организации Всероссийского добровольного пожарного общества» [2].

В сложных условиях перехода к рыночной экономике в начале 90-х гг. XX столетия общество пережило довольно трудный период, но и в этих условиях ВДПО сохранило и приумножило славные традиции добровольной пожарной охраны прошлых лет. В настоящее время это общероссийская общественная организация, основанная «на членстве граждан и юридических лиц – общественных объединений для участия в решении задач в области пожарной безопасности, профилактики пожаров, их тушения и проведения аварийно-спасательных работ».

«Добровольный пожарный – физическое лицо, являющееся членом или участником общественного объединения пожарной охраны и принимающее на безвозмездной основе участие в профилактике и (или) тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ» [1–3].

В современной России с развитием технологии и промышленности увеличилось количество катастрофических природных пожаров. Особенно остро на сегодняшний день стоит вопрос тушения пожаров в сельской местности. Во многих сельских населенных пунктах нет профессиональных подразделений пожарной охраны, а в тех, в которых имеется, они составляют один – два человека в смену. Из-за больших расстояний и сложного географического месторасположения во многие сельские населенные пункты добраться

в установленные законом 20 мин пожарные подразделения не могут, а в труднодоступные вообще могут не доехать, поскольку нет автомобильных дорог.

Создание в каждом сельском населенном пункте полноценных профессиональных подразделений пожарной охраны, с численностью пять – семь человек в каждой дежурной смене и оснащенных пожарными автомобилями и специальным оборудованием, потребует больших затрат и является не целесообразным [4].

Наиболее рациональным, по мнению авторов, является решение данных проблем за счет привлечения граждан к работе в добровольной пожарной охране. При этом они должны иметь специальную тактическую, психологическую и техническую подготовку.

Исторический опыт организации таких добровольных формирований в России имеется [5, 6].

Добровольцев можно привлекать для проведения пожарно-профилактических мероприятий и к тушению пожаров. Именно они будут первыми помощниками для профессиональных пожарных, а при необходимости смогут их заменить, выполнив все возлагаемые задачи по тушению пожара.

Целью проведенных исследований явилось изучение отношения сельского населения труднодоступных районов Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа-Югры к организации добровольных пожарных дружин в их селениях. С этой целью был проведен опрос, в котором приняли участие руководство и члены администрации сельских населенных пунктов, профессиональные и добровольные пожарные, а также жители, которым были заданы несколько вопросов.

Отвечая на первый вопрос: «Где должно осуществляться дежурство добровольных пожарных?», наиболее популярным был ответ: «В пожарном подразделении – в период введения особого противопожарного режима», на который ответили 43 человека (57,3 %), вторым по популярности был ответ: «В пожарном подразделении – по особой необходимости» – 18 человек (24 %), далее – «На дому в режиме телефонного звонка в готовности прибытия» выбрали 14 человек или (18,6 %) (рис. 2).

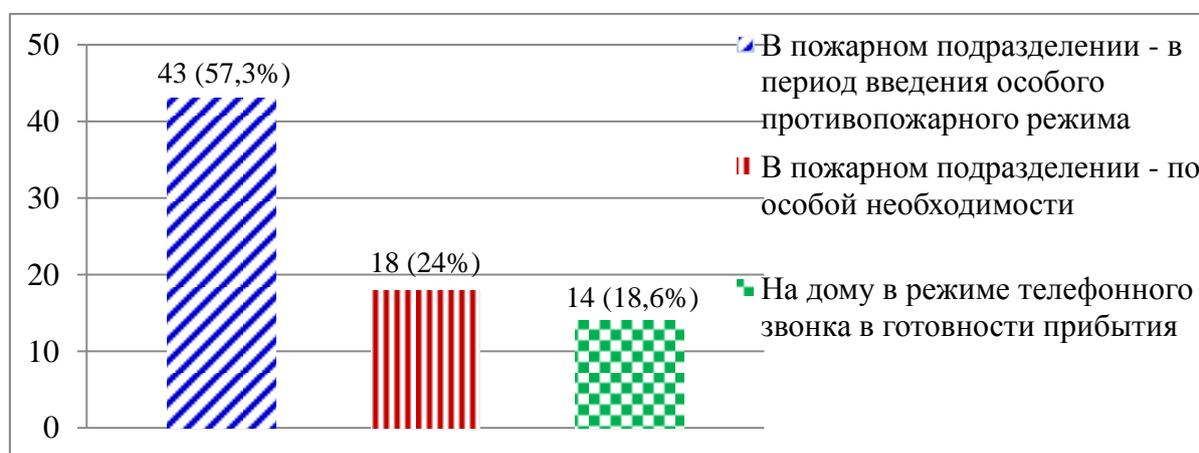


Рис. 2. Результаты ответа на вопрос:  
«Где должно осуществляться дежурство добровольных пожарных?»

Отвечая на второй вопрос: «Какое количество пожарных необходимо для ежедневного дежурства, включая добровольцев, в каждом населенной пункте?», наиболее популярным был ответ «5–6 человек», на который ответило 56 человек или (74,6 %), вторым по популярности был ответ «3 человека» – 15 человек (20 %), далее «по 2 человека» выбрали 4 человека (5,3 %) (рис. 3).

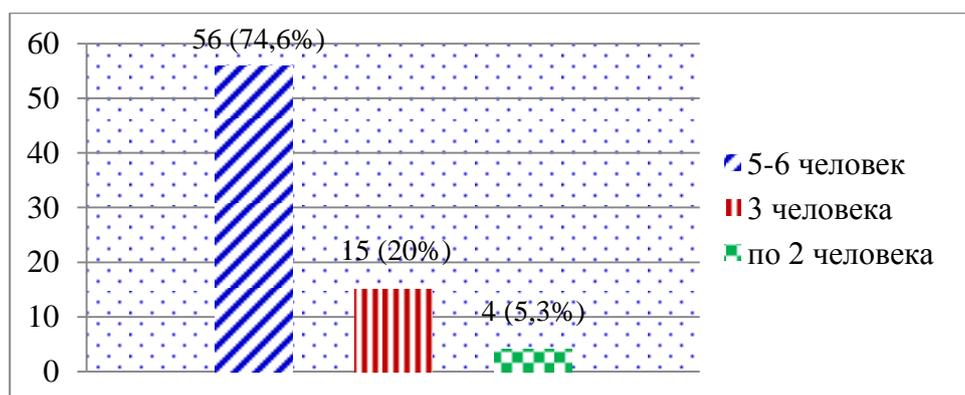


Рис. 3. Результаты ответа на вопрос: «Какое количество пожарных необходимо для ежедневного дежурства, включая добровольцев, в каждом населенном пункте?»

Еще один вопрос: «Видна ли проводимая работа в области пожарной безопасности в сельских населенных пунктах Нижневартковского района с участием добровольных пожарных?» был задан проживающим в них гражданам. В опросе приняли участие 186 человек. Наибольшее количество 145 человек (77,9 %) ответило, что «видят реальную работу и чувствуют, что уровень пожарной безопасности повысился», следующим был ответ: «Работа проводится, но хотелось бы большей активности» – 34 человека (45,3 %), далее ответ: «Особых изменений не видели» выбрали 7 человек (9,3 %) (рис. 4).



Рис. 4. Результаты ответа на вопрос: «Видна ли проводимая работа в области пожарной безопасности в сельских населенных пунктах Нижневартковского района с участием добровольных пожарных?»

Таким образом, из проведенного опроса очевидно, что большинство сельских жителей Нижневартковского района одобряют создание добровольных пожарно-спасательных формирований в сельской местности и готовы участвовать в их работе, проводить пожарно-профилактические мероприятия, в том числе дежурить в пожарных подразделениях.

### Заключение

На основании проведенной научно-исследовательской работы сделаны соответствующие выводы и принято решение составить необходимые документы на создание дополнительных добровольных пожарных дружин в соответствии с законодательством России.

Кроме того, как показало проведенное исследование, привлечение добровольных пожарных, которые прошли соответствующие виды профессиональной подготовки

и в полной мере соответствуют предъявляемым к ним требованиям, к противопожарной защите сельских населенных пунктов, будет целесообразным и эффективным.

Данные утверждения основываются как на опросе руководителей и членов администрации поселений, профессиональных пожарных и жителей, так и на тактических особенностях по действиям пожарных подразделений при организации тушения различных пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, определения тактико-специальных задач и возможностей, решаемых пожарными подразделениями. При этом минимальным является боевой расчет в составе отделения на основном пожарном автомобиле с численностью до пяти человек [7].

Организуемые совместные дежурства караульной службы с численностью привлекаемых добровольных пожарных от пяти до семи человек, проведение пожарно-профилактических мероприятий и участие добровольных пожарных в тушении пожаров позволяют повысить противопожарную защиту сельских населенных пунктов Нижневартковского района. Главным аргументом является тот факт, что от угрозы природных пожаров за последние годы не сгорело ни одного строения, а при пожарах в населенных пунктах их успешно локализовывали и тушили, не допуская распространения на соседние строения [8].

И хотя еще остается немало проблемных вопросов в совершенствовании организации противопожарной защиты сельских населенных пунктов, проведенное исследование доказывает свою результативность проводимой совместной работы органов местного самоуправления Нижневартковского района, профессиональных пожарных и добровольцев по укреплению пожарной безопасности сельских населенных пунктов.

#### **Список источников**

1. О добровольной пожарной охране: Федер. закон Рос. Федерации от 6 мая 2011 г. № 100-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Об организации Всероссийского добровольного пожарного общества: Постановление Совмина РСФСР от 14 июля 1960 г. № 1074. URL: [https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/calendar/1960-7-14\\_postanovlenie-soveta-ministrov-rsfsr-ob-organizatsii-vserossiyskogo-dobrovolnogo-pozharnogo-obshchestva#:~:text=\(дата обращения: 05.06.2023\)](https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/calendar/1960-7-14_postanovlenie-soveta-ministrov-rsfsr-ob-organizatsii-vserossiyskogo-dobrovolnogo-pozharnogo-obshchestva#:~:text=(дата%20обращения%3A%2005.06.2023)).
3. Щаблов Н.Н., Виноградов В.Н., Бессонов В.П. Пожарное дело в России. СПб., 2007.
4. Рондырев-Ильинский В.Б., Малыгина Е.А. Применение активных методов обучения при подготовке добровольных пожарных // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 4. С. 118–124.
5. Виноградов В.Н., Луговой А.А., Минина А.П. Добровольная пожарная охрана царской России (Страницы истории). СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2021.
6. Савельев П.С., Груздь С.И., Малков В.И. Пожарные добровольцы России в фотографиях, документах и воспоминаниях. М., 2010.
7. Анализ оперативно-служебной деятельности за 2018–2022 годы. МКУ НВ «УГОиЧС», 2022.
8. Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны: приказ МЧС России от 20 окт. 2017 г. № 452 (в ред. от 28 февр. 2020 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

#### **References**

1. O dobrovol'noj pozharnoj ohrane: Feder. zakon Ros. Federacii ot 6 maya 2011 g. № 100-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Ob organizacii Vserossijskogo dobrovol'nogo pozharnogo obshchestva: Postanovlenie Sovmina RSFSR ot 14 iyulya 1960 g. № 1074. URL: [https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/calendar/1960-7-14\\_postanovlenie-soveta-ministrov-rsfsr-ob-organizatsii-vserossiyskogo-dobrovolnogo-pozharnogo-obshchestva#:~:text=\(data obrashcheniya: 05.06.2023\)](https://xn--b1ae4ad.xn--p1ai/calendar/1960-7-14_postanovlenie-soveta-ministrov-rsfsr-ob-organizatsii-vserossiyskogo-dobrovolnogo-pozharnogo-obshchestva#:~:text=(data%20obrashcheniya%3A%2005.06.2023)).
3. Shchablov N.N., Vinogradov V.N., Bessonov V.P. Pozharnoe delo v Rossii. SPb., 2007.

4. Rondyrev-II'inskij V.B., Malygina E.A. Primenenie aktivnyh metodov obucheniya pri podgotovke dobrovol'nyh pozharnykh // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2014. № 4. S. 118–124.

5. Vinogradov V.N., Lugovoj A.A., Minina A.P. Dobrovol'naya pozharnaya ohrana carskoj Rossii (Stranicy istorii). SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2021.

6. Savel'ev P.S., Gruzd' S.I., Malkov V.I. Pozharnye dobrovol'cy Rossii v fotografiyah, dokumentah i vospominaniyah. M., 2010.

7. Analiz operativno-sluzhebnoj deyatel'nosti za 2018–2022 gody. MKU NV «UGOiCHS», 2022.

8. Ob utverzhenii Ustava podrazdelenij pozharnoj ohrany: prikaz MCHS Rossii ot 20 okt. 2017 g. № 452 (v red. ot 28 fevr. 2020 g.). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

#### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 14.04.2023; одобрена после рецензирования: 02.07.2023; принята к публикации: 10.07.2023

#### **Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 14.04.2023; approved after review: 02.07.2023; accepted for publication: 10.07.2023

#### *Сведения об авторах:*

**Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (195906, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор педагогических наук, кандидат юридических наук, профессор, e-mail: g.antonina@mail.ru, SPIN-код: 4179-3569

**Рондырев-Ильинский Владимир Борисович**, доцент кафедры географии Нижневартовского государственного университета (628000, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11), кандидат педагогических наук, доцент, e-mail: osipt@list.ru, SPIN-код: 2131-6620

**Красильников Дмитрий Александрович**, старший помощник начальника дежурной смены службы пожаротушения, 5 пожарно-спасательного отряда федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы Главного управления МЧС России по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре (628000, Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, ул. Интернациональная, д. 61а), e-mail: kras86nv@yandex.com

**Артамонов Владимир Сергеевич**, заместитель генерального директора АО «НПО Спецматериалов» (194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсоневский пр., д. 282), действительный государственный советник Российской Федерации 1 класса, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Почетный сотрудник Министерства внутренних дел Российской Федерации, <https://orcid.org/0000-0003-4119-8976>, SPIN-код: 8848-2914

#### *Information about authors:*

**Greshnykh Antonina A.**, dean of the faculty of highly qualified personnel training, Saint-Petersburg university of the State fire service of EMERCOM of Russia (195906, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), doctor of pedagogical sciences, candidate of legal sciences, professor, e-mail: g.antonina@mail.ru, SPIN: 4179-3569

**Rondyrev-Ilyinsky Vladimir B.**, associate professor of the department of geography Nizhnevartovsk state university (628000, Tyumen region, Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra, Nizhnevartovsk, Dzerzhinsky st., 11), candidate of pedagogical sciences, associate professor, e-mail: osipt@list.ru, SPIN: 2131-6620

**Krasilnikov Dmitry A.**, senior assistant to the head of the duty shift of the fire extinguishing service, 5 fire and rescue squad of the federal fire service of the State fire service of the Main directorate of EMERCOM of Russia for the Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra (628000, Tyumen region, Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Yugra, Nizhnevartovsk, International st., 61a), e-mail: kras86nv@yandex.com

**Artamonov Vladimir S.**, deputy general director of JSC «NPO Spetsmaterialov» (194044, Saint-Petersburg, Bolshoi Sampsonevsky pr., 282), acting state councilor of the Russian Federation, 1st class, doctor of military sciences, doctor of technical sciences, professor, honored worker of the higher schools of the Russian Federation, laureate of the prize of the government of the Russian Federation in the field of science and technology, honorary officer of the Ministry of internal affairs of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4119-8976>

Научная статья

УДК 614.849.315; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-18-27

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

✉ Кузьмина Татьяна Анатольевна;

Марченко Михаил Анатольевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ [kuzmina@igps.ru](mailto:kuzmina@igps.ru)

*Аннотация.* Обеспечение пожарной безопасности – одна из приоритетных задач государства. За последние несколько лет на фоне снижения общего числа погибших людей при пожарах наблюдается некоторое его увеличение по отдельным видам объектов пожаров. Для минимизации возможности возникновения пожаров на поднадзорных объектах, которые, прежде всего, опасны тем, что могут повлечь гибель людей, нужны действующие алгоритмы мотивации соблюдения требований пожарной безопасности для недобросовестных контролируемых лиц. Рассмотрены особенности осуществления контрольно-надзорной деятельности в настоящее время, которые могут оказывать потенциальное влияние на мотивационную составляющую при соблюдении требований пожарной безопасности на поднадзорных объектах. Приведены данные международной пожарной статистики по числу погибших на 100 тыс. чел. населения, обозначена динамика данного показателя для России за периоды 2015–2019 гг., 2016–2020 гг., 2017–2021 гг. Приведены официальные данные ведомственной пожарной статистики МЧС России по числу погибших на 100 тыс. чел. населения, по числу погибших людей, по числу погибших людей на отдельных видах объектов пожаров, обозначена динамика данных показателей за период 2019–2022 гг., а также за 3 мес. 2023 г. Отмечен и проанализирован ряд изменений части нормативной базы и особенностей в части, касающейся федерального государственного пожарного надзора. Приведены официальные данные ведомственной статистики МЧС России правоприменительной практики федерального государственного пожарного надзора, обозначена динамика отдельных показателей за период 2021–2022 гг. Сделан вывод о необходимости продолжения снижения необоснованной административной нагрузки в отношении добросовестных поднадзорных объектов и мотивации недопущения несоблюдения требований пожарной безопасности со стороны недобросовестных объектов защиты.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, профилактика пожаров, контрольно-надзорная деятельность, реформа контрольно-надзорной деятельности, государственный пожарный надзор, статистика пожаров

**Для цитирования:** Кузьмина Т.А., Марченко М.А. К вопросу обеспечения пожарной безопасности объектов защиты // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 18–27. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-18-27.

Scientific article

**TO THE ISSUE OF ENSURING FIRE SAFETY OF CONTROL FACILITIES**✉ **Kuzmina Tatyana A.;****Marchenko Mikhail A.****Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia**✉ **kuzmina@igps.ru**

*Abstract.* Ensuring fire safety is one of the priority tasks of the state. Over the past few years, against the background of a decrease in the total number of dead people in fires, there has been a slight increase in the number of dead people in certain types of fire objects. To minimize the possibility of fires at supervised facilities, which are primarily dangerous in that they may lead to death, existing algorithms for motivating compliance with fire safety requirements for unscrupulous controlled persons are needed. The article considers the peculiarities of the implementation of control and supervisory activities at present, which may have a potential impact on the motivational component while complying with fire safety requirements at supervised facilities. The data of international fire statistics on the average number of dead people per 100 thousand people of the population are given, the dynamics of this indicator for Russia for the periods 2015–2019, 2016–2020, 2017–2021 are indicated. Official data of departmental fire statistics of EMERCOM of Russia on the number of dead people per 100 thousand people of the population are given, by the number of dead people, by the distribution of the number of dead people by certain types of fire objects, the dynamics of these indicators for the period 2019–2022, as well as for 3 months 2023, is indicated. A number of changes in the part of the regulatory framework and features related to the federal state fire supervision were noted and analyzed. The official data of the departmental statistics of EMERCOM of Russia of the law enforcement practice of the federal state fire supervision are indicated, the dynamics of individual indicators for the period 2021–2022 is indicated. It was concluded that it is necessary to continue to reduce the unreasonable administrative burden in relation to conscientious objects of control and to motivate the prevention of non-compliance with fire safety requirements by unscrupulous objects of control.

*Keywords:* fire safety, fire prevention, control and supervision activities, reform of control and supervision activities, state fire supervision, fire statistics

**For citation:** Kuzmina T.A., Marchenko M.A. To the issue of ensuring fire safety of control facilities // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 18–27. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-18-27.

**Введение**

Статистика пожаров, публикуемая в зарубежных странах, предоставляет различные сводные данные, в том числе и о количестве погибших на 100 тыс. чел. населения в странах мира. Данные международной статистики дают представление о динамике этого важнейшего показателя обстановки с пожарами [1–4].

В России число погибших на 100 тыс. чел. населения в среднем составило:

– 5,78 за период 2015–2019 гг. [1];

– 5,63 за период 2016–2020 гг. [2];

– 5,60 за период 2017–2021 гг. [3].

В некоторых странах показатель усредненного числа погибших на 100 тыс. чел. населения достаточно высок [3]:

– Белоруссия – 5,33;

– Украина – 4,45;

– Латвия – 4,19;

– Литва – 3,19;

– Эстония – 3,10;

– Молдавия – 2,96;

– Болгария – 2,27.

В большинстве стран это показатель колеблется в районе 1 [1–4].

С 2019 г. изменился порядок формирования официальных данных ведомственной пожарной статистики МЧС России [5]<sup>1</sup>.

Официальные данные ведомственной статистики МЧС России дают представление о динамике ряда показателей обстановки с пожарами [6–10].

Число погибших на 100 тыс. чел. населения в среднем составило [6–10]:

– 5,8 за 2019 г.;

– 5,7 за 2020 г.;

– 5,8 за 2021 г.;

– 5,3 за 2022 г.;

– 1,6 за 3 мес. 2023 г. (1,8 за 3 мес. 2022 г.).

Обеспечение пожарной безопасности – одна из приоритетных задач государства [11–13].

В России за последние несколько лет на фоне снижения общего числа погибших людей при пожарах наблюдается некоторое увеличение числа погибших людей по отдельным видам объектов пожаров.

Для минимизации возможности возникновения на поднадзорных объектах пожаров, которые, прежде всего, опасны тем, что могут повлечь гибель людей, нужны действующие алгоритмы мотивации соблюдения требований пожарной безопасности для недобросовестных контролируемых лиц с учетом действующих особенностей осуществления контрольно-надзорной деятельности, что, обосновывая актуальность, является целью данной работы.

### Методы исследования

В качестве метода исследования применяется сравнительный метод выявления как положительной, так и отрицательной динамики ряда показателей ведомственной пожарной статистики МЧС России.

За период 2019–2022 гг. наблюдается снижение общего числа погибших людей, числа погибших людей в жилых домах. За 2019 г. погибло 8 559 чел. (из них при пожарах в жилых домах – 6 626 чел.), за 2020 г. – 8 310 (в жилых домах – 6 303), за 2021 г. – 8 471 (в жилых домах – 6 668), а 2022 г. – 7 746 (в жилых домах – 6 103) [6–9].

За 3 мес. 2023 г. продолжает наблюдаться снижение общего количества погибших людей при пожарах. За этот период погибло 2 392 человека (за 3 мес. 2022 г. – 2 607) [10].

За период 2019–2022 гг. наблюдается увеличение количества погибших людей при пожарах на объектах торговли. В 2019 г. погибло 2 чел., в 2020 г. – 10, в 2021 г. – 14, в 2022 г. – 20 (рис. 1) [6–9].



Рис. 1. Динамика количества погибших людей при пожарах, произошедших в зданиях, сооружениях и помещениях предприятий торговли, в Российской Федерации за период 2019–2022 гг. [6–9]

<sup>1</sup> Об утверждении порядка учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 21 нояб. 2008 г. № 714 (с изм. и доп.) (п.п. 1, 4, 6, 13, 14 (9–10), 15–27, 30–32).

За период 2021–2022 гг. увеличилось число погибших людей по отдельным видам объектов пожаров:

- неэксплуатируемые здания (сооружения): в 2021 г. погибло 170 чел. (в 2022 г. – 177);
- открытые территории (кроме мусора): в 2021 г. погибло 7 чел. (в 2022 г. – 32);
- вещи на человеке: в 2021 г. погибло 13 чел. (в 2022 г. – 24);
- здания, сооружения и помещения предприятий торговли: в 2021 г. погибло 14 чел. (в 2022 г. – 20);
- сооружения, установки промышленного назначения: в 2021 г. погибло 17 чел. (в 2022 г. – 18);
- мусор: в 2021 г. погибло 17 чел. (в 2022 г. – 18);
- административные здания: в 2021 г. погибло 10 чел. (в 2022 г. – 17);
- здания для временного пребывания (проживания) людей: в 2021 г. погибло 12 чел. (в 2022 г. – 16);
- здания, помещения сервисного обслуживания населения: в 2021 г. погибло 4 чел. (в 2022 г. – 15) [8, 9].

За 3 месяца 2023 г. увеличилось число погибших людей по отдельным видам объектов пожаров:

- здания для временного пребывания (проживания) людей: за 3 мес. 2022 г. погибло 3 чел. (за 3 мес. 2023 г. – 8);
- здания, сооружения и помещения предприятий торговли: за 3 мес. 2022 г. погибло 3 чел. (за 3 мес. 2023 г. – 5);
- здания, помещения сервисного обслуживания населения: за 3 мес. 2022 г. погиб 1 чел. (за 3 мес. 2023 г. – 3) (рис. 2) [10].

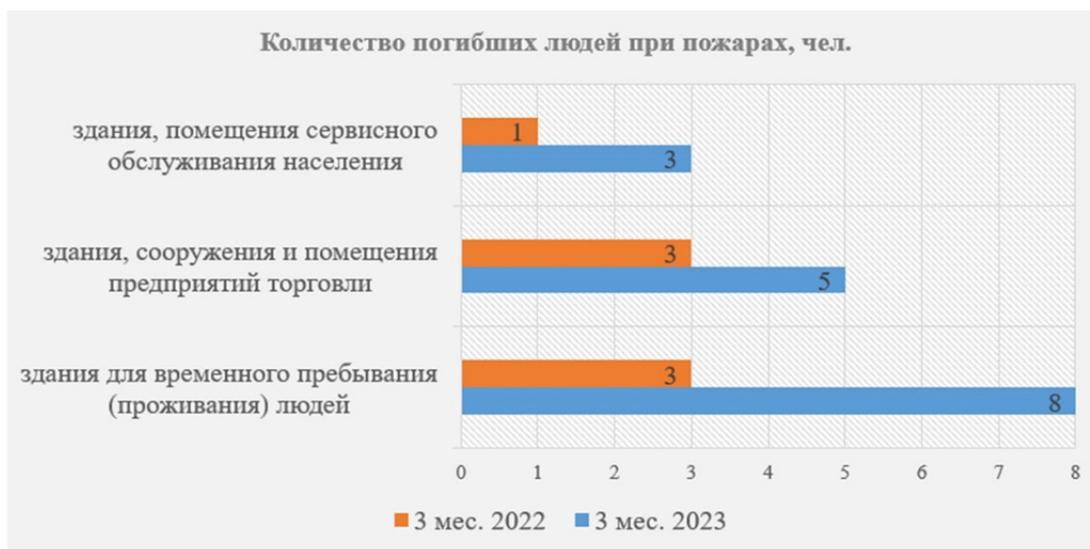


Рис. 2. Динамика количества погибших людей при пожарах по отдельным видам объектов пожаров в Российской Федерации за 3 мес. 2023 г. [10]

Началом планомерного реформирования контрольно-надзорной деятельности можно считать 2016 г. [14].

Отметим существенные изменения, произошедшие в последние годы.

В качестве первой основной отправной точки реформы можно упомянуть 1 января 2021 г. – дата была обозначена в ст. 15 «Обеспечение реализации положений настоящего Федерального закона («регуляторная гильотина»)» Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 247-ФЗ «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» (с изм. и доп.).

С 1 января 2021 г. вместо прежних вступили в силу ряд новых нормативных актов, например, новые Правила противопожарного режима.

Часть нормативных актов не подлежали отмене с 1 января 2021 г., новые нормативные акты вступали в силу позднее. Например, до 1 марта 2022 г. действовал прежний порядок обучения мерам пожарной безопасности для организаций, с 1 марта 2022 г. вступил в силу новый порядок.

В качестве второй основной отправной точки реформы контрольно-надзорной деятельности можно упомянуть 1 июля 2021 г. – дата вступления в силу Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [15, 16].

С 1 июля 2021 г. перестали применяться прежние проверочные листы, используемые при осуществлении федерального государственного пожарного надзора, с марта 2022 г. вступили в силу актуализированные проверочные листы.

С 1 июля 2021 г. вступили в силу изменения, внесенные в ст.ст. 6 и 6.1 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [17, 18].

С 1 июля 2021 г. каждому объекту надзора присваивается индивидуальная категория риска, учитывающая как пожарно-технические характеристики, так и добросовестность соблюдения требований пожарной безопасности<sup>2</sup>.

В марте 2022 г. вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 10 марта 2022 г. № 336 «Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля»<sup>3</sup> [19], нормы которого распространяются на период до 2030 г.

Контрольные (надзорные) мероприятия планируются по отношению объектов надзора категорий чрезвычайно высокого и высокого риска.

Вне плана контрольные (надзорные) мероприятия могут проводиться строго по определенным основаниям, и, за рядом исключений, подлежат предварительному согласованию с прокуратурой. Одним из оснований может послужить выявление одного или нескольких индикаторов риска нарушений обязательных требований при осуществлении федерального государственного пожарного надзора. Применяемый с 1 июля 2021 г. перечень индикаторов в 2023 г. был расширен.

Протокол об административном правонарушении составляется исключительно после того, как проведено контрольное (надзорное) мероприятие во взаимодействии с контролируемым лицом в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях<sup>4</sup>, данная норма введена с июля 2022 г.<sup>5</sup>

За период 2021–2022 гг. увеличилось число объектов надзора категории значительного риска. Число объектов надзора различных категорий риска:

– чрезвычайно высокий: 2021 г. – 19 032 (2022 г. – 9 054);

---

<sup>2</sup> О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290 (вместе с «Положением о федеральном государственном пожарном надзоре») (с изм. и доп.) (прил., п. 30-31, 41); О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федер. закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ (с изм. и доп.) (ст. 56).

<sup>3</sup> Также в марте 2022 г. вступили в силу постановление Правительства Рос. Федерации от 24 марта 2022 г. № 448 «Об особенностях осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля в отношении аккредитованных организаций, осуществляющих деятельность в области информационных технологий, и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» и постановление Правительства Рос. Федерации от 12 марта 2022 г. № 353 «Об особенностях разрешительной деятельности в Российской Федерации в 2022 и 2023 годах».

<sup>4</sup> Часть 3.1–3.2 ст. 28.1 КоАП РФ (с изм. и доп.).

<sup>5</sup> Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля: постановление Правительства Рос. Федерации от 10 марта 2022 г. № 336 (с изм. и доп.) (п. 9); О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федер. закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ (с изм. и доп.) (п. 3 ч. 2 ст. 90)

- высокий: 2021 г. – 118 558 (2022 г. – 116 241);
- значительный: 2021 г. – 396 190 (2022 г. – 451 875);
- средний: 2021 г. – 315 333 (2022 г. – 267 417);
- умеренный: 2021 г. – 799 234 (2022 г. – 725 635).

Общее количество объектов надзора различных категорий риска (в том числе с учетом категории низкого риска): 2021 г. – 2 320 411 (2022 г. – 1 937 531) [20, 21].

Среди объектов надзора категории значительного риска могут находиться, например, дом престарелых и инвалидов, гостиница, общежитие, театр, кинотеатр, библиотека, музей и т.п. Среди объектов надзора категории среднего или умеренного риска могут находиться, например, здание организации торговли, здание общественного питания, вокзал, поликлиника, спортивный комплекс, некоторые производственные объекты. С 1 июля 2021 г. каждому объекту надзора присваивается индивидуальная категория риска, учитывающая как пожарно-технические характеристики, так и добросовестность соблюдения требований пожарной безопасности.

За период 2021–2022 гг. наблюдается снижение количества проводимых контрольных (надзорных) мероприятий: 2021 г. – 227 334, 2022 г. – 106 749 [20, 21].

В 2022 г. большинство нарушений, выявленных при проведении надзорных мероприятий, связано с обеспечением безопасности людей [21].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

За период 2019–2022 гг. наблюдается снижение общего количества погибших людей при пожарах, количества погибших людей в жилых домах [6–9]. За 3 мес. 2023 г. продолжает наблюдаться снижение общего количества погибших людей при пожарах [10].

За период 2019–2022 гг. наблюдается увеличение количества погибших людей при пожарах в зданиях, сооружениях и помещениях предприятий торговли (рис. 1) [6–9]. За период 2021–2022 гг. наблюдается увеличение количества погибших людей по отдельным видам объектов пожаров (рис. 2) [8, 9]. За 3 мес. 2023 г. наблюдается увеличение количества погибших людей по отдельным видам объектов пожаров [10].

За период 2021–2022 гг. наблюдается увеличение количества объектов надзора категории значительного риска [20, 21]. Среди объектов надзора категории значительного риска могут находиться, например, дом престарелых и инвалидов, гостиница, общежитие, театр, кинотеатр, библиотека, музей и т.п. Среди объектов надзора категории среднего или умеренного риска могут находиться, например, здание организации торговли, общественного питания, вокзал, поликлиника, спортивный комплекс, некоторые производственные объекты.

С марта 2022 г. контрольные (надзорные) мероприятия планируются только по отношению объектов надзора категорий чрезвычайно высокого риска и высокого риска. Вне плана контрольные (надзорные) мероприятия могут проводиться строго по определенным основаниям, и, за рядом исключений, подлежат предварительному согласованию с прокуратурой.

Протокол об административном правонарушении составляется исключительно после того, как проведено контрольное (надзорное) мероприятие во взаимодействии с контролируемым лицом.

### **Заключение**

Для минимизации возможности возникновения на поднадзорных объектах пожаров, которые, прежде всего, опасны тем, что могут повлечь гибель людей, нужны действующие алгоритмы мотивации соблюдения требований пожарной безопасности для недобросовестных контролируемых лиц.

Недобросовестные объекты надзора могут подпадать под те категории риска, которые не предполагают планирование контрольных (надзорных) мероприятий.

Проведение контрольного (надзорного) мероприятия вне плана может быть сопряжено с достаточным количеством объективных сложностей – например, органам государственного пожарного надзора необходимо предоставить доказательства органам прокуратуры о том, что на объекте надзора присутствует непосредственная угроза причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью людей, после чего органы прокуратуры принимают итоговое решение о том, будет ли проводиться контрольное (надзорное) мероприятие. Если выявлен индикатор (или индикаторы) риска нарушений обязательных требований, то проведение контрольного (надзорного) мероприятия вне плана также требует предварительного согласования с прокуратурой. Стоит отметить, что индикатора (или индикаторов) риска нарушения обязательных требований по содержанию путей эвакуации и эвакуационных выходов на данное время в перечне нет, что представляется целесообразным учесть при возможном расширении перечня, поскольку данное нарушение обеспечения безопасности людей является типовым [20, 21].

Если контрольные (надзорные) мероприятия во взаимодействии с контролируемым лицом не проводятся, то возбуждение дел об административных правонарушениях требований пожарной безопасности по отношению к недобросовестным контролируемым лицам не происходит. В результате принцип «неотвратимости наказания» как существенный фактор, сдерживающий прирост нарушений требований пожарной безопасности и влияющий не только на действующие недобросовестные объекты надзора, но и на потенциальных нарушителей, работает не в полной мере.

Необходимо, соблюдая принцип презумпции добросовестности, продолжать снижать необоснованную административную нагрузку в отношении добросовестных объектов надзора, при этом не допуская несоблюдения требований пожарной безопасности со стороны недобросовестных поднадзорных объектов.

#### **Список источников**

1. CTIF Fire Statistics data from 2019 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2021-06/CTIF\\_Report26\\_0.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2021-06/CTIF_Report26_0.pdf) (дата обращения: 21.01.2023).
2. CTIF Fire Statistics data from 2020 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF\\_Report27\\_ESG\\_0.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG_0.pdf) (дата обращения: 21.01.2023).
3. CTIF Fire Statistics data from 2021 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2023-06/CTIF\\_Report28-ESG.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2023-06/CTIF_Report28-ESG.pdf) (дата обращения: 09.07.2023).
4. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Григорьева М.П. Сравнительный анализ обстановки с пожарами в странах мира // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2022. № 4. С. 5–12. DOI: 10.25257/FE.2022.4.5-12.
5. Майер С.В. Новые подходы к учету пожаров, направленные на повышение уровня пожарной безопасности в Российской Федерации // Актуальные проблемы безопасности в техносфере. 2022. № 1 (24). С. 44–49.
6. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: стат. сб. / П.В. Полехин [и др.]; под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2020. 80 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: стат. сб. / П.В. Полехин [и др.]; под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 112 с.

8. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: стат. сб. / В.С. Гончаренко [и др.]. М.: ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.
9. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: информ.-аналит. сб. / В.С. Гончаренко [и др.]. М.: ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
10. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации за 3 месяца 2023 г. М.: Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, 2023. 17 с.
11. Подмарков В.В., Иванов А.В., Лукашина И.Е. Анализ обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2021. № 4 (40). С. 32–36. EDN LYJWXT.
12. Кузьмина Т.А., Горбань Д.В., Жеглов П.И. Проблемные вопросы организации и практики обеспечения пожарной безопасности на объектах уголовно-исполнительной системы Российской Федерации // Правда и закон. 2023. № 2 (24). С. 15–26.
13. Матвеев А.В., Максимов А.В., Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. 2015. № 2 (30). С. 113–117. EDN VMLYLY.
14. Вахмистрова С.И., Вахмистров В.П. «Регуляторная гильотина» в нормативно-правовой практике МЧС России // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2020. № 4 (49). С. 49–54.
15. Сальников А.В., Кузьмина Т.А. Достоинства и потенциальная проблематика Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) в Российской Федерации» // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2021. № 1. С. 10–18.
16. Мордвиненко С.Е., Пикуш Д.С., Ершов А.В. К вопросу об организационных проблемах государственного пожарного надзора в связи с вступлением в силу Федерального закона «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» // Безопасность техногенных и природных систем. 2021. № 4. С. 14–18. DOI: 10.23947/2541-9129-2021-4-14-18.
17. Кузьмина Т.А., Кондрашин А.В. Особенности оценки соблюдения требований пожарной безопасности на объектах капитального строительства на современном этапе // Пожарная безопасность объектов капитального строительства. Нормативы, проектирование, устройство и эксплуатация: материалы Всерос. науч.-техн. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2022. С. 18–23.
18. Анализ и совершенствование нормативных положений, регламентирующих пожарный и строительный надзор объектов защиты / И.К. Бакиров [и др.] // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2023. № 3. С. 5–19. DOI: 10.17122/ogbus-2023-3-5-19.
19. Минина А.А., Атаян Г.Ю., Богатырева А.Т. Основные тренды контрольно-надзорной деятельности в условиях моратория на проверки // Аграрное и земельное право. 2023. № 1 (217). С. 79–82. DOI: 10.47643/1815-1329\_2023\_1\_79.
20. Доклады с обобщением и анализом правоприменительной практики, типовых и массовых нарушений обязательных требований (утв. МЧС России 18 апр. 2022 г.).
21. Доклады с обобщением правоприменительной практики и руководствами по соблюдению обязательных требований за 2022 год (утв. МЧС России 24 апр. 2023 г.).

## References

1. CTIF Fire Statistics data from 2019 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2021-06/CTIF\\_Report26\\_0.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2021-06/CTIF_Report26_0.pdf) (data obrashcheniya: 21.01.2023).
2. CTIF Fire Statistics data from 2020 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL:

[https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF\\_Report27\\_ESG\\_0.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG_0.pdf) (data obrashcheniya: 21.01.2023).

3. CTIF Fire Statistics data from 2021 (CTIF Center for World Fire Statistics) // CTIF – International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters. URL: [https://www.ctif.org/sites/default/files/2023-06/CTIF\\_Report28-ESG.pdf](https://www.ctif.org/sites/default/files/2023-06/CTIF_Report28-ESG.pdf) (data obrashcheniya: 09.07.2023).

4. Brushlinskij N.N., Sokolov S.V., Grigor'eva M.P. Sravnitel'nyj analiz obstanovki s pozharemi v stranah mira // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2022. № 4. S. 5–12. DOI: 10.25257/FE.2022.4.5-12.

5. Majer S.V. Novye podhody k uchetu pozharov, napravlyennye na povyshenie urovnya pozharnoj bezopasnosti v Rossijskoj Federacii // Aktual'nye problemy bezopasnosti v tekhnosfere. 2022. № 1 (24). S. 44–49.

6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu: stat. sb. / P.V. Polekhin [i dr.]; pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2020. 80 s.

7. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2020 godu: stat. sb. / P.V. Polekhin [i dr.]; pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2021. 112 s.

8. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2021 godu: stat. sb. / V.S. Goncharenko [i dr.]. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2022. 114 s.

9. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2022 godu: inform.-analit. sb. / V.S. Goncharenko [i dr.]. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2023. 80 s.

10. Analiz obstanovki s pozharemi i ih posledstviyami na territorii Rossijskoj Federacii za 3 mesyaca 2023 g. M.: Departament nadzornoj deyatelnosti i profilakticheskoy raboty MCHS Rossii, 2023. 17 s.

11. Podmarkov V.V., Ivanov A.V., Lukashina I.E. Analiz obespecheniya pozharnoj bezopasnosti trgovno-razvlekatel'nyh centrov // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2021. № 4 (40). S. 32–36. EDN LYJWXT.

12. Kuz'mina T.A., Gorban' D.V., Zheglov P.I. Problemnye voprosy organizacii i praktiki obespecheniya pozharnoj bezopasnosti na ob'ektah ugolovno-ispolnitel'noj sistemy Rossijskoj Federacii // Pravda i zakon. 2023. № 2 (24). S. 15–26.

13. Matveev A.V., Maksimov A.V., Popivchak I.I. Perspektivnye napravleniya informacionno-analiticheskoy deyatelnosti v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // Geopolitika i bezopasnost'. 2015. № 2 (30). S. 113–117. EDN VMLYLY.

14. Vahmistrova S.I., Vahmistrov V.P. «Regulyatornaya gil'otina» v normativno-pravovoj praktike MCHS Rossii // Pravo. Bezopasnost'. Chrezvychajnye situacii. 2020. № 4 (49). S. 49–54.

15. Sal'nikov A.V., Kuz'mina T.A. Dostoinstva i potencial'naya problematika Federal'nogo zakona ot 31 iyulya 2020 g. № 248-FZ «O gosudarstvennom kontrole (nadzore) v Rossijskoj Federacii» // Nadzornaya deyatelnost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2021. № 1. S. 10–18.

16. Mordvinenko S.E., Pikush D.S., Ershov A.V. K voprosu ob organizacionnyh problemah gosudarstvennogo pozhar'nogo nadzora v svyazi s vstupleniem v silu Federal'nogo zakona «O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i municipal'nom kontrole v Rossijskoj Federacii» // Bezopasnost' tekhnogennyh i prirodnyh sistem. 2021. № 4. S. 14–18. DOI: 10.23947/2541-9129-2021-4-14-18.

17. Kuz'mina T.A., Kondrashin A.V. Osobennosti ocenki soblyudeniya trebovanij pozharnoj bezopasnosti na ob'ektah kapital'nogo stroitel'stva na sovremennom etape // Pozharnaya bezopasnost' ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva. Normativy, proektirovanie, ustrojstvo i ekspluatatsiya: materialy Vseros. nauch.-tekhn. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2022. S. 18–23.

18. Analiz i sovershenstvovanie normativnyh polozhenij, reglamentiruyushchih pozhar'nyj i stroitel'nyj nadzor ob'ektov zashchity / I.K. Bakirov [i dr.] // Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo». 2023. № 3. S. 5–19. DOI: 10.17122/ogbus-2023-3-5-19.

19. Minina A.A., Atayan G.Yu., Bogatyreva A.T. Osnovnye trendy kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti v usloviyah moratoriya na proverki // Agrarnoe i zemel'noe pravo. 2023. № 1 (217). S. 79–82. DOI: 10.47643/1815-1329\_2023\_1\_79.

20. Doklady s obobshcheniem i analizom pravoprimeritel'noj praktiki, tipovyh i massovyh narushenij obyazatel'nyh trebovanij (utv. MCHS Rossii 18 apr. 2022 g.).

21. Doklady s obobshcheniem pravoprimeritel'noj praktiki i rukovodstvami po soblyudeniyu obyazatel'nyh trebovanij za 2022 god (utv. MCHS Rossii 24 apr. 2023 g.).

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 31.08.2023; одобрена после рецензирования: 11.09.2023; принята к публикации: 13.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 31.08.2023; approved after review: 11.09.2023; accepted for publication: 13.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Кузьмина Татьяна Анатольевна**, доцент кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат педагогических наук, e-mail: [kuzmina@igps.ru](mailto:kuzmina@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3573-785X>, SPIN-код: 2511-0787

**Марченко Михаил Анатольевич**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [mar\\_m1974@mail.ru](mailto:mar_m1974@mail.ru), SPIN-код: 3328-4798

*Information about authors:*

**Kuzmina Tatyana A.**, associate professor at the department of supervisory activities of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of pedagogical sciences, e-mail: [kuzmina@igps.ru](mailto:kuzmina@igps.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3573-785X>, SPIN: 2511-0787

**Marchenko Mikhail A.**, deputy head of the university – head of the institute of correspondence and distance learning of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [mar\\_m1974@mail.ru](mailto:mar_m1974@mail.ru), SPIN: 3328-4798

Научная статья

УДК 614.845.1; DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-28-35

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ В «КОРОННОМ» ПЛАМЕНИ

✉ Кожевин Дмитрий Федорович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ [Yagmort\\_KDF@mail.ru](mailto:Yagmort_KDF@mail.ru)

*Аннотация.* При исследовании «Коронного» пламени были замечены особенности формирования «Короны» при горении различных жидкостей. «Корона» различается по таким параметрам, как высота пиков («зубьев Короны»), частота образования пиков и частота смены пиков. Из анализа параметров «Короны» были получены фазовые портреты различных жидкостей. Оценка фазовых портретов жидкостей легла в основу нового подхода определения параметров горения жидкостей, где под частотой смены пиков представляется скорость химической реакции, а под частотой образования пиков – частота появления зон смеси с одинаковым качественным и количественным составом активных радикалов, характеризующихся высотой соответствующего пика.

*Ключевые слова:* «Коронное» пламя, горючие жидкости, активные радикалы, параметры горения жидкостей

**Для цитирования:** Кожевин Д.Ф. Определение параметров процессов горения в «Коронном» пламени // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 28–35. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-28-35.

Scientific article

## DETERMINATION OF PARAMETERS OF COMBUSTION PROCESSES IN THE «CROWN» FLAME

✉ Kozhevin Dmitry F.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ [Yagmort\\_KDF@mail.ru](mailto:Yagmort_KDF@mail.ru)

*Abstract.* When studying the «Crown» flame, features of the formation of the «Crown» during the combustion of various liquids were noticed. The «Crown» differs in such parameters as the height of the peaks («Crown teeth»), the frequency of peak formation and the frequency of peak changes. From the analysis of the «Crown» parameters, phase portraits of various liquids were obtained. The assessment of phase portraits of liquids formed the basis of a new approach to determining the combustion parameters of liquids, where the frequency of peak changes represents the rate of a chemical reaction, and the frequency of peak formation represents the frequency of occurrence of mixture zones with the same qualitative and quantitative composition of active radicals, characterized by the height of the corresponding peak.

*Keywords:* «Corona» flame, flammable liquids, active radicals, combustion parameters of liquids

**For citation:** Kozhevin D.F. Determination of parameters of combustion processes in the «Crown» flame // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 28–35. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-28-35.

## Введение

Науке известны различные виды пламен – турбулентное, ламинарное, диффузионное, кинетическое, «голубой вихрь», плоские пламена и т.д. Каждое пламя образуется при соответствующем характере горения: если смесь горючего и окислителя предварительно подготовлена, то такое горение носит название кинетического, если горючее и окислитель предварительно не смешаны и смешиваются в процессе горения, то такое горение называют диффузионным [1]. Если пламя при диффузионном горении имеет спокойный безвихревой характер, то его называют ламинарным; вихревое пламя с постоянно изменяющейся геометрической формой – турбулентным. Относительно недавно китайскими учеными был открыт новый вид пламени, который не относится ни к кинетическому, ни к диффузионному. Оно получило название «Голубой вихрь» [2]. Автором был открыт новый вид пламени – «Коронное пламя», названное так по причине характерной формы, похожей на корону. На установку для получения «Коронного» пламени получен патент на изобретение № 2782077. Настоящая статья посвящена исследованию «Коронного» пламени, образующегося при горении различных жидкостей.

## Материалы и методы исследования

«Коронное» пламя представляет собой пламя, при котором горение происходит в небольшой области – по периметру очага горения (рис. 1).

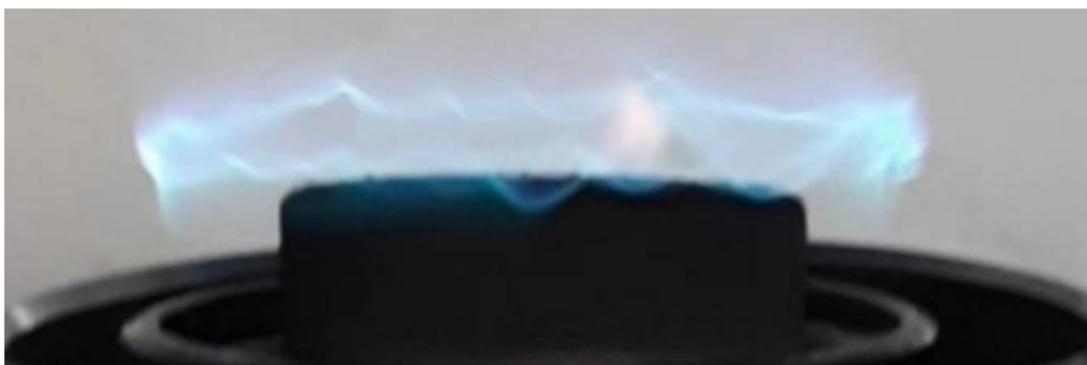


Рис. 1. «Коронное» пламя при горении гексана

«Коронное» пламя представляет интерес по трем основным причинам:

- пламя не является объемным, оно представляет собой полосу фронта пламени, так как взаимодействие горючего и окислителя происходит только с наружной стороны – стороны подачи окислителя, с внутренней стороны фронта пламени внутрь установки выделяются только продукты сгорания;

- пламя представляет собой замкнутую постоянно изменяющуюся синусоиду;

- сгорание большинства жидкостей (проведены эксперименты с алканами, спиртами, кетонами, керосином, уайт-спиритом, дизельным топливом) в «Коронном» пламени происходит до продуктов полного сгорания.

Факт образования фронта пламени в форме синусоиды («короны») при горении жидкостей дал следующие направления исследования «Коронного» пламени:

- анализ факторов, влияющих на его образование;

- условия его получения;

- исследование его характеристик.

Анализ факторов, влияющих на образование «Коронного» пламени, и условия его получения будут рассмотрены отдельно в других работах автора.

## Результаты исследования и их обсуждение

При проведении предварительных экспериментов с различными жидкостями выявлено, что «Корона» при горении разных жидкостей имеет различную форму. Под формой понимается частота пиков ( $C_{\text{пик}}$ ) – «зубьев Короны» и высота этих пиков ( $h_{\text{пик}}$ ). Кроме того, время смены пиков ( $t_{\text{пик}}$ ) также отличается для разных жидкостей.

Для определения численных параметров  $C_{\text{пик}}$ ,  $h_{\text{пик}}$ ,  $t_{\text{пик}}$  проведены эксперименты с видеофиксацией «Коронного» пламени для различных жидкостей.

Фиксация пламени на видео с четырех сторон (рис. 2) дает возможность сделать его проекцию на плоскость во времени (развертку, рис. 3). Характер распределения пиков показывает частоту пульсаций в пламени.

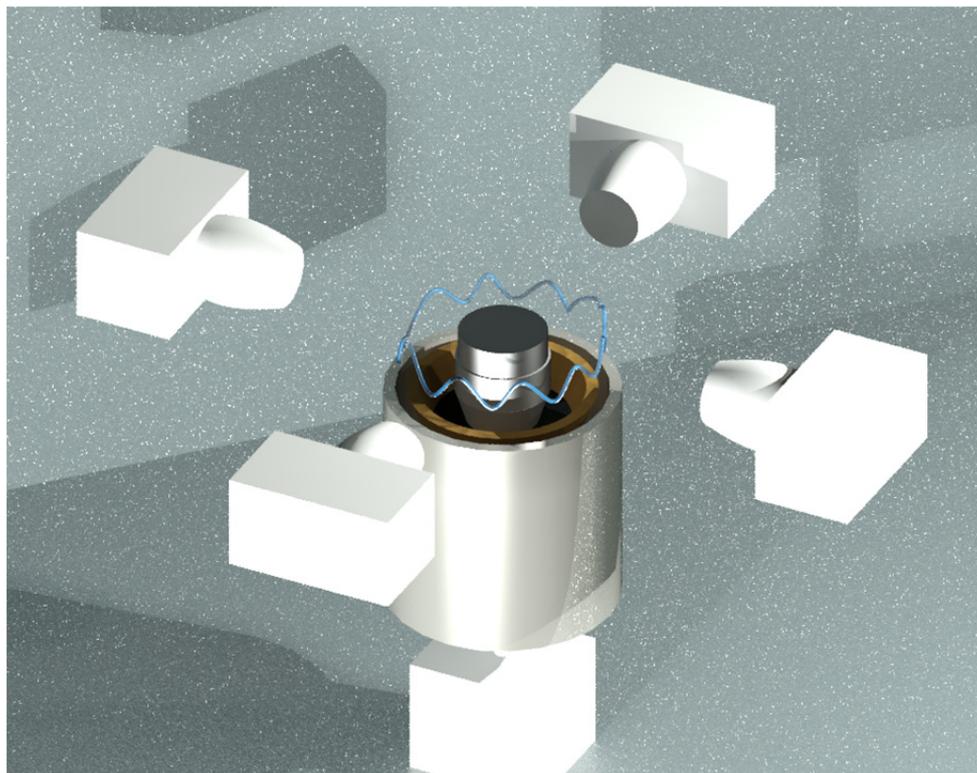


Рис. 2. Размещение камер при съемке коронного пламени

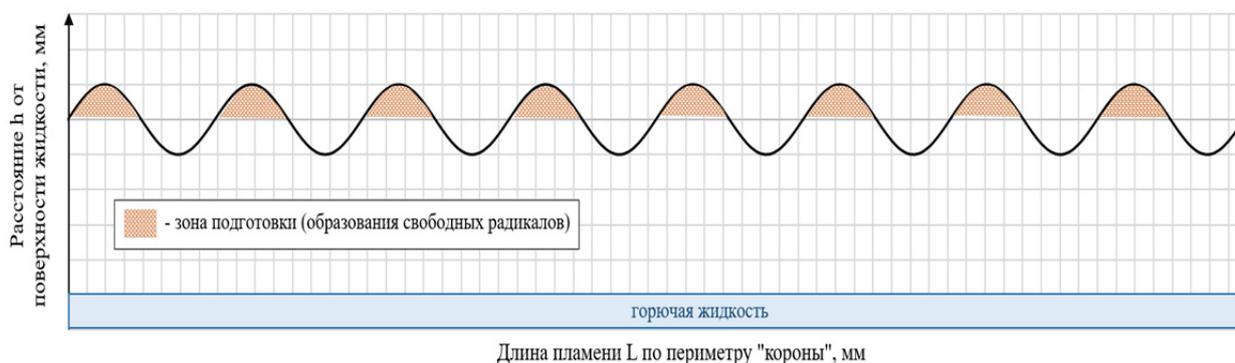


Рис. 3. Развертка пламени на плоскости в момент времени  $t_1$

График изменения положения верхней точки «Коронного» пламени относительно поверхности горючей жидкости имеет вид синусоиды. Так как процесс горения является сложным, его можно описать только дифференциальными уравнениями Навье-Стокса,

которые аналитически почти не имеют решения. Сложный процесс, обобщенное описание которого дифференциальными уравнениями нереализуемо, возможно описать исходя из анализа визуализации этих процессов [3]. С этой точки зрения анализ упрощенной модели «Коронного пламени» в виде синусоиды имеет весомые перспективы.

До недавнего момента применение графического метода к изучению пламени было не реализуемо. Открытие «Коронного пламени» (патент № 2782077) и получение его развертки в виде синусоиды позволяет применять графический подход для исследования пламени.

Согласно теории Н.Н. Семенова (радикально-цепной механизм самовоспламенения) [4–7] процесс горения идет не в одну стадию, а многостадийно с образованием промежуточных активных радикалов. При диффузионном или кинетическом горении образуется объемное пламя, в котором образование и распределение активных радикалов по объему проанализировать невозможно [8, 9]. В «Коронном» пламени его фронт сформирован в тонкую линию в форме синусоиды, причем под её пиками формально размещается зона подготовки активных радикалов. Высота пиков при этом различается из-за отличий в качественном и количественном составе активных радикалов.

Если пики отсутствуют, это указывает на сходный качественный и количественный состав радикалов в зоне подогрева перед фронтом пламени.

Следовательно, расстояние от «пика» до «ямы» фактически является коэффициентом пропорциональности скорости химической реакции, то есть  $\cos(h)=L$  – это косинус скорости химической реакции, при  $L=1$  частота соударения максимальна, качественный и количественный состав радикалов одинаков.

Исходя из химизма процесса окисления, скорость химической реакции зависит от скорости подачи горючего и скорости подачи окислителя:

$$\cos(x) = \cos(u_{\text{гор}}) + \cos(u_{\text{ок}}).$$

Схема подачи окислителя в установке приведена на рис. 4.

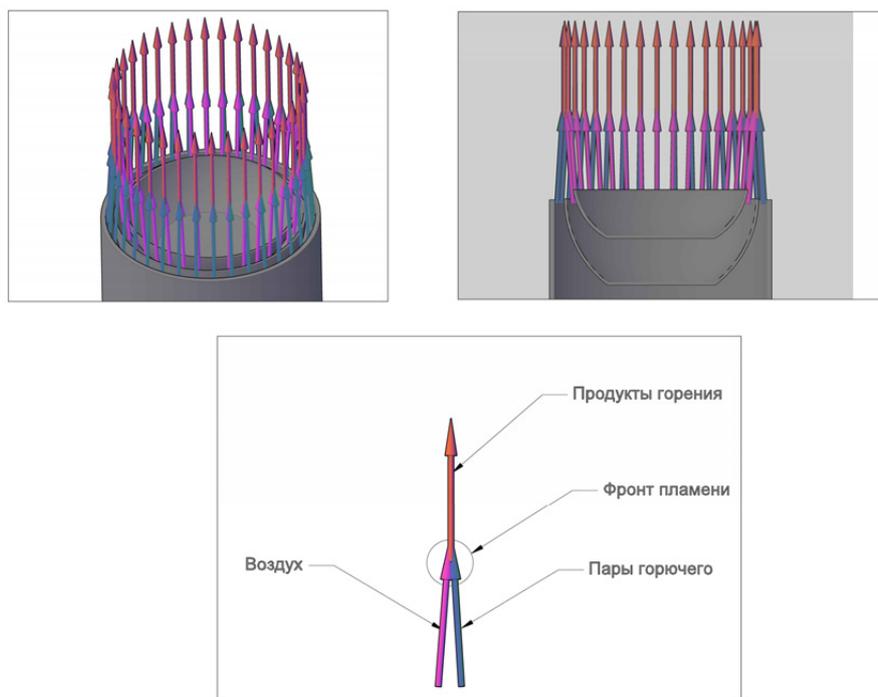


Рис. 4. Схема потоков воздуха, паров горючего и продуктов горения при формировании «Коронного» пламени

Скорость  $U_{ок}$  на установке (патент № 2782077) возможно определить численно. Скорость подачи горючего также возможно определить численно, исходя из температуры жидкости и её физико-химических свойств.

Анализируя полученную синусоиду для различных жидкостей, возможно определить фактические значения характеристик горения рассматриваемой жидкости. Причем численное описание процесса с помощью анализа синусоид (гармонические колебания) возможно рассчитать аналитически, что открывает новые перспективы для изучения процессов горения.

Кроме того, возможно анализировать процесс горения по фазовому портрету «Коронного» пламени на видео (рис. 5), полученному с помощью высокоскоростной камеры, где скорость химической реакции предположительно соответствует смене пиков синусоиды в единицу времени.

За полное время химической реакции принимается максимальное время на фазовом портрете в заданный момент времени.

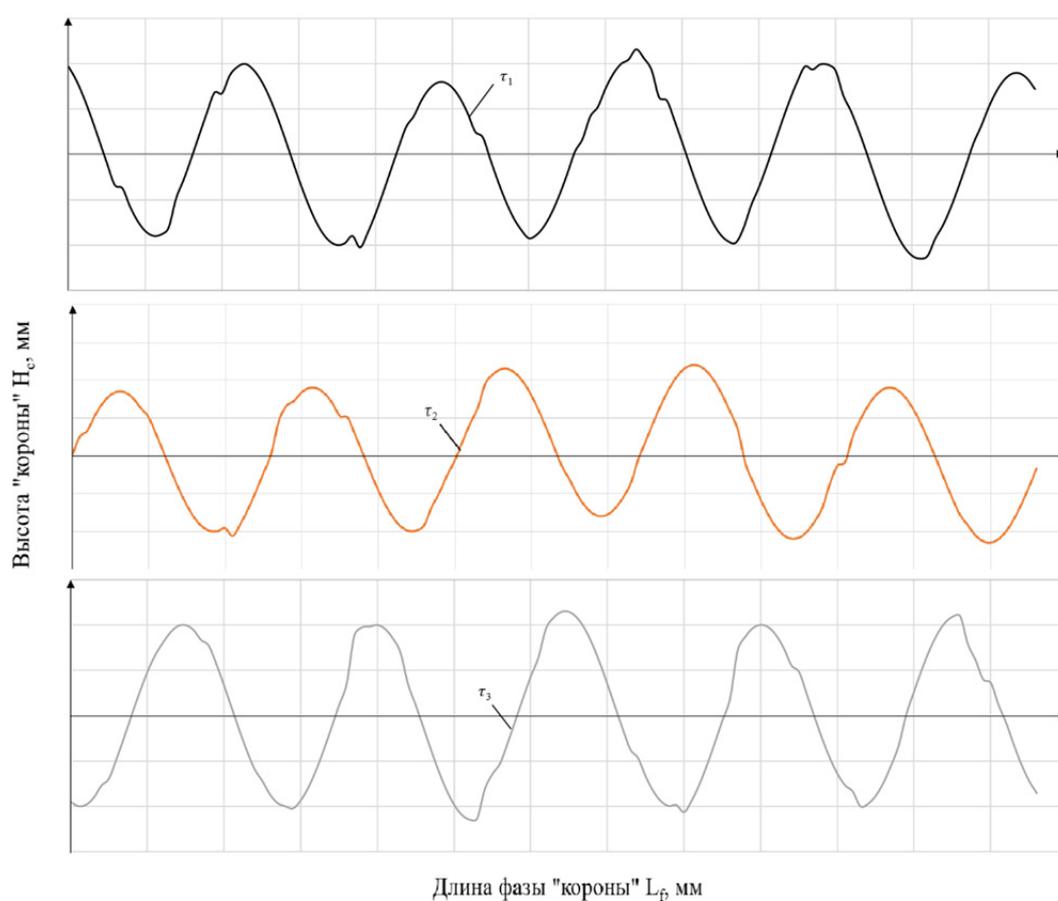
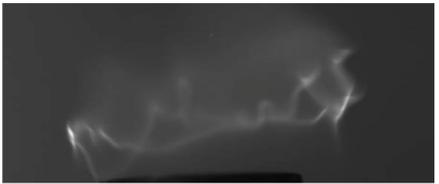
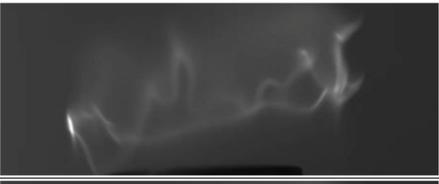
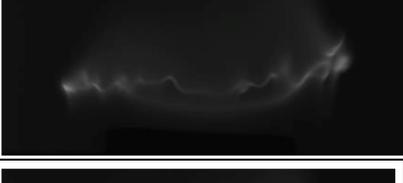
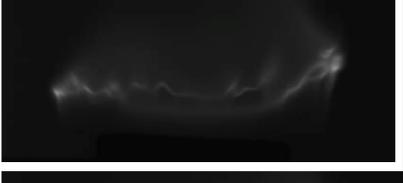
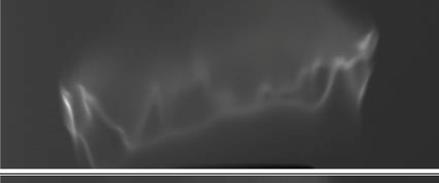
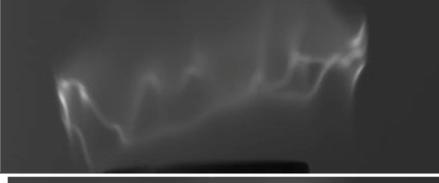
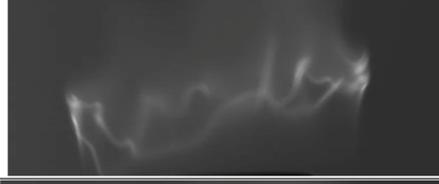


Рис. 5. Изменение фазового портрета «Коронного» пламени во времени

На высокоскоростной камере со скоростью 1 000 кадров в секунду были получены фазовые портреты «Коронного» пламени для следующих жидкостей: гептан, октан, нонан. Эти фазовые портреты приведены в таблице.

Таблица

**Изменение фазовых портретов жидкостей во времени**

Время, мс	Жидкость		
	Гептан	Октан	Нонан
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Из данных таблицы следует, что чем длиннее углеродная цепь, тем больше частота пиков и меньше их высота, кроме того уменьшается расстояние от зеркала жидкости до «Коронного» пламени. Условные фазовые портреты жидкостей приведены на рис. 6.

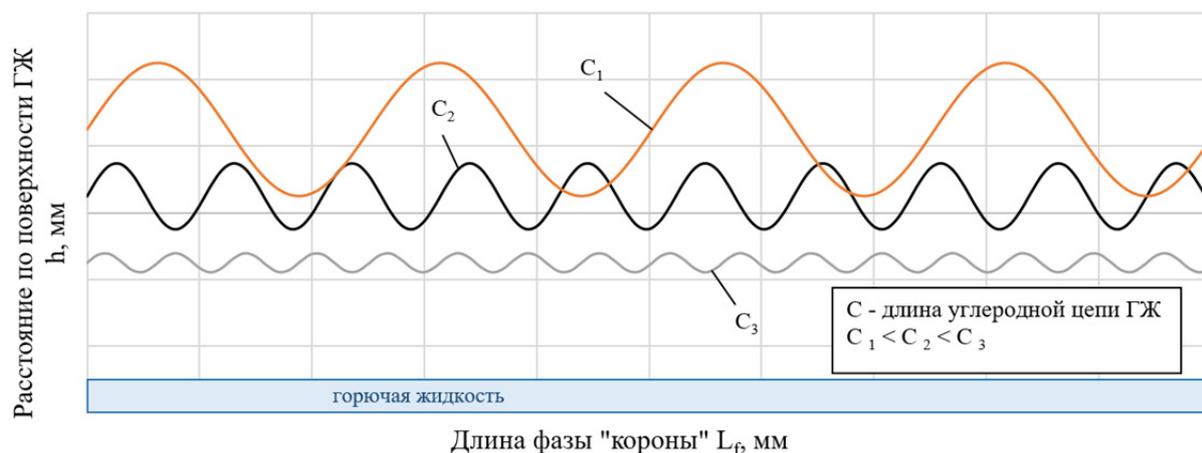


Рис. 6. Изменение фазовых портретов «Коронного» пламени в зависимости от длины углеродной цепи горючей жидкости

### Выводы

Описанные в статье результаты получены в натуральных экспериментах, их трактовка является гипотетической. Получение закономерностей на основе этой гипотезы требует дополнительных исследований.

В статье описан принципиально новый подход к определению характеристик пламен, в том числе кинетических параметров. Применение предлагаемого подхода в совокупности с существующими позволит с новой точки зрения подойти к определению кинетических параметров процесса горения.

Кроме научных аспектов следует отметить, что полученное «Коронное» пламя достаточно красиво визуально.

### Список источников

1. Тидеман Б.Е., Сциборский Д.Б. Химия горения. Л., 1935.
2. Xiao H., Gollner M.J., Oran E.S. From fire whirls to blue whirls and combustion with reduced pollution. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 113, 9457–9462 (2016).
3. Хаос. Создание новой науки / Джеймс Глик: пер. с англ. М. Нахмансона, Е. Барашковой. М.: Изд-во АСТ: CORPUS, 2023. 432 с.
4. Семёнов Н.Н. Самовоспламенение и цепные реакции // Успехи химии. Российская академия наук, 1967. Т. 36. № 1. С. 3–22.
5. Химическая энциклопедия / Н.С. Зефирова [и др.]. М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. Т. 5 (Три-Ятр). 783 с. ISBN 5-85270-310-9.
6. Денисов Е.Т. Кинетика гомогенных химических реакций. М.: Высш. шк., 1988. 391 с. ISBN 5-06-001337-5.
7. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика. М.: Химия, 2000. 568 с. ISBN 5-7245-1062-6.
8. Всеобщая история химии. История учения о химическом процессе. М.: Наука, 1981.
9. Семенов Н.Н. Цепные реакции. М.: Наука, 1986.

**References**

1. Tideman B.E., Sciborskij D.B. Himiya goreniya. L., 1935.
2. Xiao H., Gollner M.J., Oran E.S., From fire whirls to blue whirls and combustion with reduced pollution. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 113, 9457–9462 (2016).
3. Хаос. Sozdanie novej nauki / Dzhejms Glik: per. s angl. M. Nahmansona, E. Barashkovej. M.: Izd-vo AST: CORPUS, 2023. 432 s.
4. Semyonov N.N. Samovosplamnenie i cepnye reakcii // Uspekhi himii. Rossijskaya akademiya nauk, 1967. T. 36. № 1. S. 3–22.
5. Himicheskaya enciklopediya / N.S. Zefirov [i dr.]. M.: Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya, 1998. T. 5 (Tri-Yatr). 783 s. ISBN 5-85270-310-9.
6. Denisov E.T. Kinetika gomogennyh himicheskikh reakcij. M.: Vyssh. shk., 1988. 391 s. ISBN 5-06-001337-5.
7. Denisov E.T., Sarkisov O.M., Lihtenshtejn G.I. Himicheskaya kinetika. M.: Himiya, 2000. 568 s. ISBN 5-7245-1062-6.
8. Vseobshchaya istoriya himii. Istoriya ucheniya o himicheskom processe. M.: Nauka, 1981.
9. Semenov N.N. Cepnye reakcii. M.: Nauka, 1986.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 15.09.2023; одобрена после рецензирования: 24.09.2023; принята к публикации: 30.07.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 15.09.2023; approved after review: 24.09.2023; accepted for publication: 30.07.2023

*Сведения об авторах:*

**Кожевин Дмитрий Федорович**, начальник кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: Yagmort\_KDF@mail.ru. SPIN-код: 9647-7196

*Information about authors:*

**Kozhevin Dmitriy F.**, chief of the physical and chemical bases of the burning and extinguishing processes department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovskiy ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: Yagmort\_KDF@mail.ru, SPIN: 9647-7196

---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

Научная статья

УДК 614.844.1; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УЩЕРБА ПРИ АВАРИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

✉Сытдыков Максим Равильевич;  
Балобанов Андрей Александрович;  
Иванов Андрей Владимирович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉[sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru)

*Аннотация.* Рост числа объектов экономики нефтегазового комплекса на территории Российской Федерации влечет за собой увеличение числа аварий на этих объектах. Одними из самых аварийных объектов нефтегазового комплекса являются магистральные трубопроводы. Аварии на магистральном трубопроводе приводят к различным видам ущерба, совокупность которых увеличивает тяжесть последствий от аварий. В связи с этим возникает необходимость проведения сравнительной оценки потенциального ущерба при авариях магистральном трубопроводе с целью определения наиболее опасного их вида. Статья посвящена оцениванию аварийности магистральном трубопроводе методом анализа иерархий. Результаты исследования позволяют определить приоритетные направления по усилению требований безопасности на магистральном трубопроводном транспорте.

*Ключевые слова:* магистральном трубопроводе, метод анализа иерархий, аварии, ущерб, экспертная оценка

**Для цитирования:** Сытдыков М.Р., Балобанов А.А., Иванов А.В. Оценка степени ущерба при авариях магистральном трубопроводе методом анализа иерархий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 36–44. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44.

Scientific article

## ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DAMAGE IN CASE OF ACCIDENTS OF TRUNK PIPELINES BY THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS

✉Sytdykov Maxim R.;

Balobanov Andrey A.;

Ivanov Andrey V.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉[sytdykov@igps.ru](mailto:sytdykov@igps.ru)

*Abstract.* The increase in the number of objects of the economy of the oil and gas complex on the territory of the Russian Federation entails an increase in the number of accidents at these objects. One of the most emergency facilities of the oil and gas complex are trunk pipelines. Accidents on main pipelines lead to various types of damage, the totality of which increases the severity of the consequences of accidents. In this regard, there is a need to assess the main pipelines in order to determine their most emergency type. For this purpose, the work carried out such an assessment of trunk pipelines by the method of hierarchy analysis. This assessment made it possible to identify priority areas for strengthening safety requirements in the main pipeline transport.

*Keywords:* trunk pipeline, hierarchy analysis method, accidents, damage, expert assessment

**For citation:** Sytдыkov M.R., Balobanov A.A., Ivanov A.V. Assessment of the degree of damage in case of accidents of trunk pipelines by the method of hierarchy analysis // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 36–44. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44.

## Введение

На территории Российской Федерации в эксплуатации объектов экономики находится 4 259 опасных производственных объектов магистрального трубопроводного транспорта, в том числе: I класса опасности – 661 ед.; II класса опасности – 3 137 ед.; III класса опасности – 236 ед.; IV класса опасности – 225 ед. [1].

По имеющимся оценкам общая протяженность магистральных трубопроводов составляет более 272 тыс. км [2]. Из них: магистральных газопроводов – 183,4 тыс. км; магистральных нефтепроводов – 56,1 тыс. км; магистральных продуктопроводов – 25,2 тыс. км, в том числе аммиакопроводов – 1,4 тыс. км. Аварии на них, как правило, носят затяжной характер и приводят к тяжелым экологическим и материальным последствиям, при этом средняя частота аварийности на территории Российской Федерации за 10 лет составляет  $\lambda_{\text{ср}}=0,043/(1000 \text{ км год})$  [3–6].

В настоящее время в Российской Федерации проводятся исследования, направленные на снижение уровня пожарного риска магистрального трубопроводного транспорта.

Так, в работе [7] предложен подход к определению расчетных величин пожарного риска при авариях на наружных газопроводах, который позволяет более точно определить значения риска травмирования и гибели людей в результате аварий на наружных газопроводах, расположенных на территории населенных пунктов. В работе [8] авторами разработана структура и алгоритм расчета пожарного риска при переходе магистральных трубопроводов через автомобильные дороги, и предложены практические мероприятия по снижению данного риска. Методика мониторинга коррозионно-опасных участков магистральных трубопроводов предложена в работе [9].

В официальной статистике Ростехнадзора [1] определены виды магистральных трубопроводов, аварии на которых приводят к наихудшим последствиям по таким видам ущерба, как: экономический ущерб; экологический ущерб; прямые потери от аварий; жертвы, а также затраты на локализацию и ликвидацию аварий. Однако в данной статистике не учитываются последствия от аварий по совокупности видов ущербов и величине пожарного риска, что не позволяет определить наиболее аварийно опасный вид магистрального трубопровода.

С этой целью в настоящем исследовании определяется наиболее аварийно опасный вид магистрального трубопровода по совокупности видов ущерба методом анализа иерархий, а также предлагаются решения, направленные на снижение негативных последствий от аварий на магистральных трубопроводах.

## Методы исследования

Порядок проведения экспертной оценки методом анализа иерархии раскрыт в работах [10–12]. Для проведения экспертного оценивания предложена иерархическая структура, представленная на рисунке.

Вершина иерархии – это цель решаемой задачи, которая достигается путем попарного сравнения критериев (второй уровень иерархий) и альтернатив (третий уровень иерархии).

Для оценивания потенциальной опасности аварий на магистральных трубопроводах проведено анкетирование пяти экспертов, обобщенные сведения о которых представлены в табл. 1.

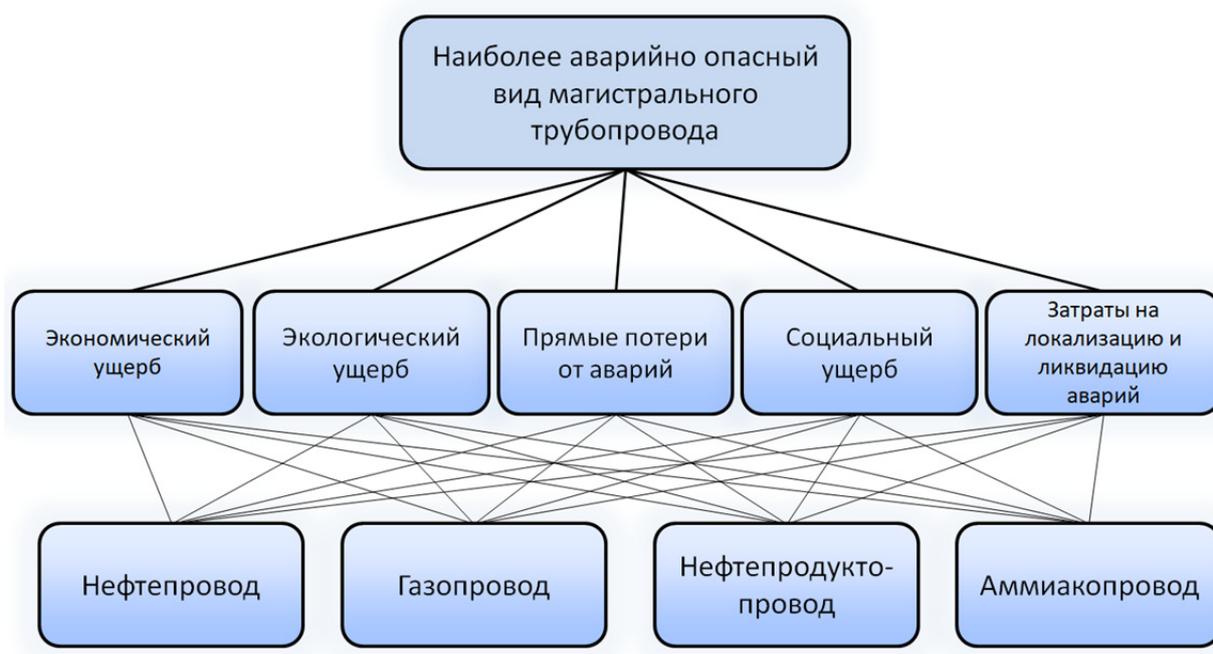


Рис. Иерархическая структура многокритериальной оценки

Таблица 1

## Сведения об экспертах, привлеченных к опросу

Занимаемая должность	Стаж работы, лет	Количество (чел.)
Заместитель начальника Главного управления МЧС России по субъекту (по ГПС)	23	1
Начальник службы пожаротушения отряда ФПС (по охране объектов ПАО «Транснефть»)	24	1
Заместитель начальника отдела пожарной безопасности Департамента охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности ПАО «Транснефть»	10	1
Инженер отдела пожарной безопасности Департамента охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности ПАО «Транснефть»	5–7	2

Примечание: ГПС – Государственная противопожарная служба; ФПС – федеральная противопожарная служба

Экспертами было проведено ранжирование относительной важности оцениваемых параметров, расставлены степени значимости от 1 до 9, при этом 1 соответствует равной важности, 9 – соответствует очень сильному предпочтению одного параметра над другим. В случае если при сравнении одного элемента с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 9), то при сравнении второго параметра с первым получим обратную величину (то есть 1/9).

По результатам оценки сформированы обобщенные матрицы попарных сравнений, представленные в табл. 2–7. Далее для каждой матрицы вычислены собственные векторы (V), нормированные собственные векторы (W), значения максимального собственного вектора ( $\lambda_{\max}$ ), индексы согласованности экспертов (ИС) и отношения согласованности экспертов (ОС).

Таблица 2

**Матрица попарных сравнений критериев второго уровня**

Виды ущерба	Экономический ущерб	Экологический ущерб	Прямые потери от аварий	Социальный ущерб	Затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий
Экономический ущерб	1	1/5	3	1/7	5
Экологический ущерб	5	1	6	1/2	7
Прямые потери от аварий	1/3	1/6	1	1/3	1
Жертвы	7	2	3	1	9
Затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий	1/5	1/7	1	1/9	1

$$W=(0,117; 0,328; 0,0633; 0,451; 0,0408);$$

$$\lambda_{\max}=5,44;$$

$$ИС=\frac{5,44-5}{5-1}=0,11;$$

$$ОС=\frac{0,11}{1,12}=0,098.$$

Таблица 3

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Экономический ущерб»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	2	4
Газопровод	2	1	4	6
Нефтепродуктопровод	1/2	1/4	1	2
Аммиакопровод	1/4	1/6	1/2	1

$$V=(3,712; 6,926; 1,856; 1);$$

$$W=(0,275; 0,513; 0,138; 0,0741);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 4

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Экологический ущерб»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	7	2	5
Газопровод	1/7	1	1/4	1/2
Нефтепродуктопровод	1/2	4	1	2
Аммиакопровод	1/5	2	1/2	1

$$V=(4,329; 0,546; 2,108; 1);$$

$$W=(0,542; 0,0684; 0,264; 0,125);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 5

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Прямые потери от аварий»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	4	6
Газопровод	2	1	6	8
Нефтепродуктопровод	1/4	1/6	1	2
Аммиакопровод	1/6	1/8	1/2	1

$$V=(5,809; 9,793; 1,677; 1);$$

$$W=(0,318; 0,536; 0,0917; 0,0547);$$

$$\lambda_{\max}=4,02;$$

$$ИС=\frac{4,02-4}{4-1}=0,066;$$

$$ОС=\frac{0,01}{0,9}=0,0733.$$

Таблица 6

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Социальный ущерб»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	2	4
Газопровод	2	1	4	6
Нефтепродуктопровод	1/2	1/4	1	2
Аммиакопровод	1/4	1/6	1/2	1

$$V=(3,712; 6,926; 1,856; 1);$$

$$W=(0,275; 0,513; 0,138; 0,0741);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 7

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию  
«Затраты на локализацию и ликвидацию аварий»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	3	5	7
Газопровод	1/3	1	2	4
Нефтепродуктопровод	1/5	1/2	1	2
Аммиакопровод	1/7	1/4	1/2	1

$$V=(8,756; 3,482; 1,814; 1);$$

$$W=(0,582; 0,231; 0,121; 0,0664);$$

$$\lambda_{\max}=4,028;$$

$$ИС=\frac{4,028-4}{4-1}=0,00933;$$

$$ОС=\frac{0,00933}{0,9}=0,0104.$$

Далее определен наиболее потенциально опасный вид магистрального трубопровода путем определения весовых характеристик предложенных альтернатив, выраженных численными значениями относительного интегрального показателя ущерба (потерь). Чем выше значение интегрального показателя, тем выше совокупный размер потенциального ущерба от аварий на данном виде магистрального трубопровода. С этой целью последовательно определены векторы приоритетов альтернатив относительно элементов, находящихся на всех иерархических уровнях. Вычисление векторов приоритетов проведено по направлению от нижних уровней к верхним с учетом конкретных связей между элементами, принадлежащими различным уровням, путем перемножения соответствующих векторов и матриц в соответствии с методом анализа иерархий. Результаты вычислений представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Определение наиболее аварийно опасного вида трубопровода**

Вид трубопровода	Критерии					Интегральный показатель ущерба (потерь)
	экономический ущерб	экологический ущерб	прямые потери от аварий	жертвы	затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий	
	0,117	0,328	0,0633	0,451	0,0408	
Нефтепровод	0,275	0,542	0,318	0,275	0,582	0,377851
Газопровод	0,513	0,0684	0,536	0,513	0,231	0,3571728
Нефтепродуктопровод	0,138	0,264	0,0917	0,138	0,121	0,17571741
Аммиакопровод	0,741	0,125	0,0547	0,0741	0,0664	0,08926043

Отношения согласованности всех элементов иерархии составляют  $ОС \leq 0,1$ , что позволяет сделать вывод о согласованности суждений экспертов при заполнении матриц.

Проведенные расчеты показали, что наибольшее относительное значение интегрального показателя ущерба (потерь) составляет 0,378 (табл. 8), что соответствует нефтепроводу.

### Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что наиболее аварийно опасным видом магистральных трубопроводов является нефтепровод. Это позволяет определить приоритетные направления по усилению требований безопасности на магистральном трубопроводном транспорте, заключающиеся:

- в разработке практических рекомендаций, направленных на снижение вероятности наступления негативных последствий;
- в совершенствовании нормативно-правовой базы, направленной на повышение техногенной безопасности магистральных трубопроводов [13–16];
- в разработке и усовершенствовании технических средств тушения пожаров на магистральных трубопроводах [17, 18].

В настоящее время такая работа проводится в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

### Список источников

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 году. М., 2022. С. 139–155.
2. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 03.07.2023).
3. Сытдыков М.Р., Иванов А.В., Абдуллаева Ю.С. Анализ аварийности магистрального трубопроводного транспорта // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2022. С. 148–151.
4. Идрисов Р.Х., Идрисова К.Р., Кормакова Д.С. Анализ аварийности магистральных трубопроводов России // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 2. С. 44–46.
5. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта / М.В. Лисанов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7. С. 16–22.
6. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2017. 316 с.
7. Глуханов А.С., Северинец Г.Н. Определение расчетных величин пожарного риска при авариях на наружных газопроводах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 2. С. 480–485. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-480-486.
8. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Структура и алгоритм расчета пожарного риска на переходах нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 4 (12). С. 15–21.
9. Корольков А.П., Колесников Д.А. Методика аэромониторинга пожаровзрывобезопасности линейной части магистральных газопроводов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 3. С. 38–47.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
11. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. М.: Юрайт, 2015. Т. 1. С. 184–185.
12. Бутырский Е.Ю., Матвеев А.В. Математическое моделирование систем и процессов. СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2022. 733 с. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI: 10.37468/book\_011222. EDN CCRIRT.

13. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 февр. 2008 г. № 87 (в ред. от 27 мая 2022 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. СТО Газпром 2-2.3-351–2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»: стандарт организации. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах / Ю.А. Дадонов [и др.]. 2-е изд., испр. М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. Сер. 27. Вып. 1.

16. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность» Госгортехнадзора России, 2002. 118 с.

17. Сытдыков М.Р., Иванов А.В. Оценка эффективности технических средств порошкового пожаротушения методом экспертной оценки // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 4. С. 13–19.

18. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Иванов А.В. Оценка способов вытеснения огнетушащих веществ из средств пожаротушения, предназначенных для тушения углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 154–163.

## References

1. Godovoj otchet o deyatelnosti Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2021 godu. M., 2022. S. 139–155.

2. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <http://www.gks.ru/> (data obrashcheniya: 03.07.2023).

3. Sytdykov M.R., Ivanov A.V., Abdullaeva Yu.S. Analiz avarijnosti magistral'nogo truboprovodnogo transporta // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika – region strategicheskikh interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v Arkticheskom regione: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2022. S. 148–151.

4. Idrisov R.H., Idrisova K.R., Kormakova D.S. Analiz avarijnosti magistral'nyh truboprovodov Rossii // Transport i hranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. 2019. № 2. S. 44–46.

5. Analiz rossijskikh i zarubezhnyh dannyh po avarijnosti na ob'ektah truboprovodnogo transporta / M.V. Lisanov [i dr.] // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2010. № 7. S. 16–22.

6. Gordienko D.M. Pozharnaya bezopasnost' osobo opasnyh i tekhnicheski slozhnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2017. 316 s.

7. Gluhanov A.S., Severinec G.N. Opredelenie raschetnyh velichin pozharnogo riska pri avariayah na naruzhnyh gazoprovodah // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2022. № 2. S. 480–485. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-480-486.

8. Lavruhin S.A., Ivanov A.N., Polyakov A.S. Struktura i algoritm rascheta pozharnogo riska na perekhodah nefteproduktoprovodov cherez avtomobil'nye dorogi // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2009. № 4 (12). S. 15–21.

9. Korol'kov A.P., Kolesnikov D.A. Metodika aeromonitoringa pozharovzryvbezopasnosti linejnoj chasti magistral'nyh gazoprovodov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 3. S. 38–47.

10. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.

11. Belov P.G. Upravlenie riskami, sistemnyj analiz i modelirovanie. M.: Yurajt, 2015. T. 1. S. 184–185.

12. Butyrskij E.Yu., Matveev A.V. Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov. SPb.: Informacionnyj izdatel'skij uchebno-nauchnyj centr «Strategiya budushchego», 2022. 733 s. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI: 10.37468/book\_011222. EDN CCRIRT.

13. O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovaniyah k ih sodержaniyu: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 16 fevr. 2008 g. № 87 (v red. ot 27 maya 2022 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

14. STO Gazprom 2-2.3-351–2009. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska dlya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov gazotransportnyh predpriyatij OAO «Gazprom»: standart organizacii. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

15. Metodicheskoe rukovodstvo po ocenke stepeni riska avarij na magistral'nyh nefteprovodah / Yu.A. Dadonov [i dr.]. 2-e izd., ispr. M.: GUP «Nauchno-tehnicheskij centr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii», 2002. Ser. 27. Vyp. 1.

16. Metodicheskoe rukovodstvo po ocenke stepeni riska avarij na magistral'nyh nefteprovodah. M.: GUP NTC «Promyshlennaya bezopasnost'» Gosgortekhnadzora Rossii, 2002. 118 s.

17. Sytdykov M.R., Ivanov A.V. Ocenka effektivnosti tekhnicheskikh sredstv poroshkovogo pozharotusheniya metodom ekspertnoj ocenki // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 4. S. 13–19.

18. Sytdykov M.R., Kozhevnikov D.F., Ivanov A.V. Ocenka sposobov vytesneniya ognetushashchih veshchestv iz sredstv pozharotusheniya, prednaznachennyh dlya tusheniya uglevodorodov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 154–163.

#### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 05.07.2023; одобрена после рецензирования: 25.09.2023; принята к публикации: 29.09.2023

#### **Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 05.07.2023; approved after review: 25.09.2023; accepted for publication: 29.09.2023

#### *Сведения об авторах:*

**Сытдыков Максим Равильевич**, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN-код: 7548-0539

**Балобанов Андрей Александрович**, преподаватель кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: Andrey.balobanov.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>, SPIN-код: 3288-5595

**Иванов Андрей Владимирович**, преподаватель кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN-код: 9169-8325

#### *Information about the authors:*

**Sytdykov Maxim R.**, head of the department of fire, emergency and rescue equipment and automotive economy, of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN: 7548-0539

**Balobanov Andrey A.**, teacher of the department of system analysis and crisis management of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: Andrey.balobanov.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>, SPIN: 3288-5595

**Ivanov Andrey V.**, lecturer at the department of fire, rescue equipment and automotive engineering, of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN: 9169-8325

---

---

# ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

---

Научная статья

УДК 621.391; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53

## ПРОБЛЕМЫ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЗОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

✉ Дворников Сергей Викторович;

Якушенко Сергей Алексеевич.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия;

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия.

Погорелов Андрей Анатольевич.

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург, Россия

✉ [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru)

*Аннотация.* В работе показана эффективность навигационного обеспечения группировки подвижных объектов в условиях действия в зоне с повышенной опасностью и деструктивными воздействиями на радионавигационное поле средств позиционирования. Вскрыты проблемы функционирования навигационной аппаратуры пользователя и предложены пути их решения. Результаты исследований могут быть применены при организации спасательных работ с использованием систем навигационного обеспечения, а также производителями навигационной аппаратуры определения местоположения подвижных объектов в сложных условиях ее эксплуатации.

*Ключевые слова:* навигационное обеспечение, навигационная аппаратура, проблемы позиционирования, навигационная ошибка, система навигационного обеспечения

**Для цитирования:** Дворников С.В., Якушенко С.А., Погорелов А.А. Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов в зонах чрезвычайной ситуации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 45–53. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53.

Scientific article

## PROBLEMS OF NAVIGATION SUPPORT FOR MOVING OBJECTS IN EMERGENCY ZONES

✉ Dvornikov Sergey V.;

Yakushenko Sergey A.

Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation, Saint-Petersburg, Russia;

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Saint-Petersburg, Russia.

Pogorelov Andrey A.

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, Saint-Petersburg, Russia

✉ [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru)

*Abstract.* The paper shows the effectiveness of navigation support for grouping mobile objects under conditions of action in a zone with increased danger and destructive effects on the radio navigation field of positioning means. The problems of functioning of the user's navigation

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

equipment are revealed and ways to solve them are proposed. The research results can be applied in the organization of rescue operations using navigation support systems, as well as by manufacturers of navigation equipment for determining the location of mobile objects in difficult operating conditions.

*Keywords:* navigation software, navigation equipment, positioning problems, navigation error, navigation software system

**For citation:** Dvornikov S.V., Yakushenko S.A., Pogorelov A.A. Problems of navigation support for mobile objects in emergency zones // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 45–53. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-45-53.

## Введение

В настоящее время бурно внедряются инновационные технологии в деятельность человека, что способствует повышению эффективности результатов его работы [1–4]. Особенно важно применение новых технологий в спасательных работах, связанных с безопасностью человеческих жизней в условиях стихийных и техногенных бедствий [5]. Большое влияние на оперативность проведения спасательных работ оказывают навигационные и телекоммуникационные технологии [6, 7].

Прежде всего это обусловлено необходимостью определения координат пострадавших, подвижных объектов и своевременной их передачи должностным лицам на пункт управления. Важную роль в эффективности спасательной операции играет точность определения местоположения пострадавших и прокладка к ним кратчайшего пути следования. Кроме того, эффективность многократно увеличивается при действиях спасателей на незнакомой местности и в сложных физико-географических условиях местности.

Навигационное обеспечение в России реализуется на основе глобальной спутниковой радионавигационной системы (СРНС) ГЛОНАСС, в которой для позиционирования используются низкоэнергетические общедоступные радионавигационные линии [8–10]. Поэтому в условиях напряженной сигнально-помеховой обстановки и сложных физико-географических условиях местности нередко происходит технический сбой функционирования СРНС, о чем неоднократно указывалось в средствах массовой информации [11, 12]. Кроме того, навигационная аппаратура нередко являлась объектом атак злоумышленников международного и кибертерроризма, которые характерны для современной геополитической обстановки в мире [13].

Следовательно, для предотвращения или хотя бы снижения деструктивных последствий негативных воздействий на СРНС необходимо выявить основные факторы, влияющие на работоспособность навигационной аппаратуры, и определить меры по их нейтрализации. Исследованию этого вопроса и посвящена данная статья.

## Проблемы навигационного обеспечения подвижных объектов

В настоящее время навигационное обеспечение является неотъемлемой частью системы управления подвижными объектами. При этом значительное повышение эффективности управления происходит при проведении спасательных операций за счет создания интегрированной системы навигации и связи или системы навигационного обеспечения (СНО) подвижных объектов управления. Особенно заметно наблюдается сокращение временных показателей цикла управления в сложных условиях обстановки при действиях на незнакомой местности [14–16]. Количественная оценка успеха проведения спасательных операций в первую очередь будет определяться степенью доступности всех пользователей к ресурсам глобальных СРНС, достоверностью получаемой информации и точностью позиционирования подвижных объектов.

Из вышесказанного следует отметить, что применение СНО в различной деятельности человека становится реальностью настоящего дня, что также подтверждается в работах [15, 17]. Использование навигационной информации в спасательных операциях, где визуальное позиционирование объектов затруднено или невозможно приобретает первостепенное значение. С другой стороны, радионавигационные линии, линии передачи навигационной информации крайне уязвимы к деструктивным воздействиям (ДСВ) радиоэлектронного характера, физических особенностей местности и детального картографического ее обеспечения [18]. Поэтому далее рассмотрим характер и степень их влияния.

Влияние помех на функционирование навигационного приёмника оценивается помехозащищенностью [19]. Помехозащищенность аппаратуры спутниковой навигации (АСН) характеризует ее способность выполнять своё предназначение в условиях воздействия сторонних помех, сосредоточенных по спектру сигналов.

Основным показателем помехозащищенности является коэффициент помехозащиты, который согласно работе [5] можно представить как:

$$K_{пз} = P_{п}/P_{с}|_{\sigma_{пн} \leq \sigma_{пн}^*} \quad (1)$$

В соответствии с формулой (1), коэффициент помехозащиты – это наибольшее отношение мощности помехи  $P_{п}$  в полосе рабочих частот приемника к мощности полезного сигнала  $P_{с}$ , при котором обеспечивается требуемое качество навигации.

Критерием нарушения работы АСН является уровень снижения точности определения местоположения в три раза, то есть  $\sigma^* = 3\sigma$ .

Согласно работам [15, 16] к АСН предъявляются следующие оперативно технические требования в части помехозащищенности: 25 дБ для узкополосного диапазона частот (L1) и 35 дБ для широкополосного диапазона (L2) от различного вида помех.

В сложной электромагнитной обстановке и физико-географических условиях местности как радиосигнал, так и помехи носят случайный характер, глубина замираний которых описывается логнормальным законом распределения [20]. Так как случайные величины  $P_{с}$  и  $P_{п}$  в логарифмическом масштабе распределены нормально, то и их разность  $K_{пз} = P_{п} - P_{с}$  также распределена нормально.

Тогда помехозащищенность АСН можно оценить через вероятность того, что текущий коэффициент помехозащиты ( $K_{пз} = P_{п} - P_{с}$ , в дБ) не превысит требуемый в условиях воздействия помех в одном канале приема [15, 20, 21]:

$$p_{пр} \left( K_{пз} [\text{дБ}] \geq K_{пз}^* [\text{дБ}] \right) = p \left[ \frac{\left( P_{п [\text{дБВт}]} - P_{с [\text{дБВт}]} \right) - K_{пз}^* [\text{дБ}]}{\sigma_{пс}} \right] = \Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-t^2/2} dt,$$

где  $P_{п}$  – уровень мощности помехи на входе приемника АСН;  $P_{с}$  – уровень мощности полезного сигнала на входе приемника АСН;  $\sigma_{пс}$  – суммарное среднеквадратическое отклонение сигнала и помехи на входе приёмника АСН;  $u = (P_{п} - P_{с} - K_{пз}^*)/\sigma_{пс}$  – параметр интегрирования.

Если помеха и сигнал не коррелированы, то  $\sigma_{пс} = (\sigma_{п}^2 + \sigma_{с}^2)^{-2}$ . При детерминированном сигнале  $\sigma_{пс} = \sigma_{п}$  [15].

Рассмотрим воздействие помех в диапазоне всех принимаемых частот (каналов) АСН. Так как АСН определяет координаты при приеме минимум четырех радионавигационных сигналов, то помехозащищенность многоканального приемника можно оценить на основе модели Бернулли [22]:

$$p_{пз}(n, m) = \sum_{i=m}^n p_{i,n} = \sum_{i=m}^n C_n^m p_{пф}^m (1 - p_{пф})^{n-m},$$

где  $m$  – количество навигационных космических аппаратов (НКА), радиосигналы которых использует АСН;  $n$  – количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) в заданной зоне;  $C_n^m = n! / (n!(n-m)!) –$  биномиальный коэффициент;  $p_{нф} = 1 - p_{рп}$  – вероятность нормального функционирования одного канала в условиях воздействия одной помехи.

Зависимость помехозащищенности АСН в режиме многоканального приема радионавигационных сигналов от вероятности нормального функционирования одного канала и количества видимых и используемых (неподавленных) каналов приемника АСН приведена на рис. 1, а в режиме 2D на рис. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением количества помех на входе приемника и количества неработоспособных каналов нормальное функционирование АСН ухудшается, однако с увеличением количества видимых НКА и с переходом АСН в режим 2D или комбинированное использование НКА ГЛОНАСС и GPS возможности СНО улучшаются.

Ухудшение нормального функционирования АСН связано со снижением точности определения местоположения подвижных объектов, которая может оказаться недостаточной для позиционирования спасателей и транспортных средств. Например, в городских условиях, где сигнал может быть затруднен высокими зданиями или густой растительностью, ГЛОНАСС может не обеспечить достаточной точности для точного определения местоположения. Для количественной оценки точности позиционирования в условиях снижения уровня радионавигационного сигнала или повышения уровня мощности помехи на входе приемника используем формулу [15]:

$$\sigma_{ш}(S) = \frac{c}{2F_1} \sqrt{\frac{2N_{ш}k}{P_c T_n}},$$

где  $F_1$  – тактовая частота псевдослучайной последовательности дальномерного кода в диапазоне  $L_1$  (Гц);  $c$  – скорость света (м/с);  $P_c$  – мощность навигационного радиосигнала на входе приёмника;  $N_{ш}$  – спектральная мощность помехи на входе приёмника;  $k$  – коэффициент ухудшения энергетического потенциала в приёмнике ( $k \sim 1,5$ );  $T_n$  – интервал усреднения (накопления) измерений (с).

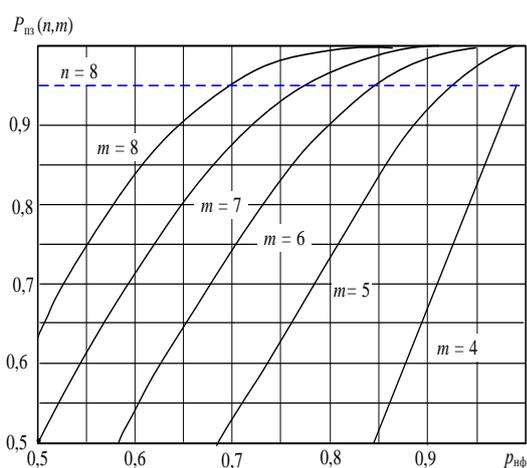


Рис. 1. Помехозащищенность навигационного приемника АСН в режиме 3D ( $n=8, m=8...4$ )

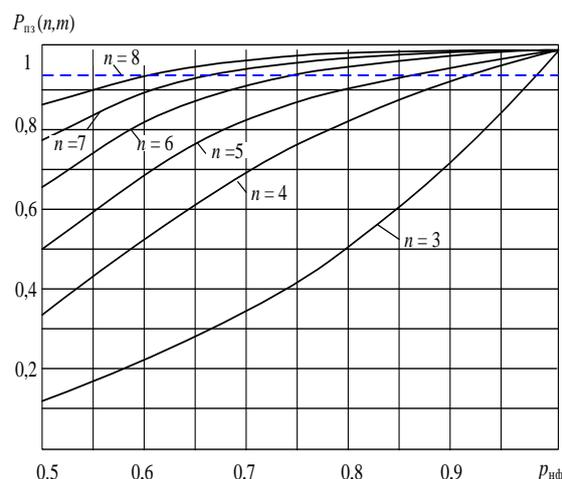


Рис. 2. Помехозащищенность навигационного приемника АСН в режиме 2D ( $m=3, n=3...8$ )

Зависимость точности определения местоположения АСН от отношения мощности навигационного радиосигнала к спектральной мощности помехи на входе приёмника приведена на рис. 3. Ухудшение точности позиционирования происходит при увеличении

мощности помехи на входе приемника. Однако точность можно улучшить при увеличении времени накопления радионавигационного сигнала  $T_n$  и при переходе в режим  $2D$ .

Второй из возможных проблем навигации в системе МЧС России может быть неточность или устаревание картографических данных, которые используются для прокладки маршрутов и планирования операций спасательных служб. Старение карт происходит по прошествию некоторого промежутка времени, которое составляет 8...15 лет в зависимости от района картографирования. При этом погрешность растета может привести к ошибкам в навигации и потере времени при доставке помощи на место происшествия.

Цифровизация моделей местности и обработка данных создают начальную погрешность припасовки цифровых карт к реальной местности  $\sigma_0$ , которая с течением времени увеличивается. Увеличение погрешности можно аппроксимировать экспоненциальным законом [23]:

$$\sigma_{\text{цк}} = \sigma_0 (1 + \exp(t/T)) ,$$

где  $\sigma_0$  – начальная погрешность цифровизации карт на цифровой модели местности;  $T$  – масштабируемый коэффициент;  $t$  – текущее время после создания цифровой карты.

Результаты исследований погрешности цифровых карт приведены на рис. 4.

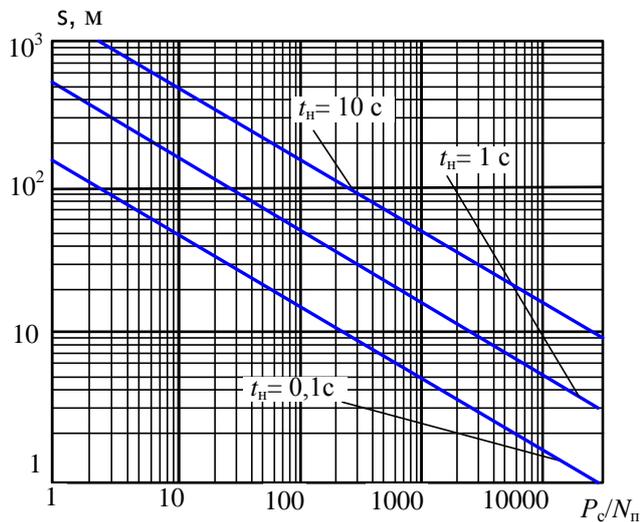


Рис. 3. Зависимость точности определения местоположения от уровня мощности помех на входе приемника АСН

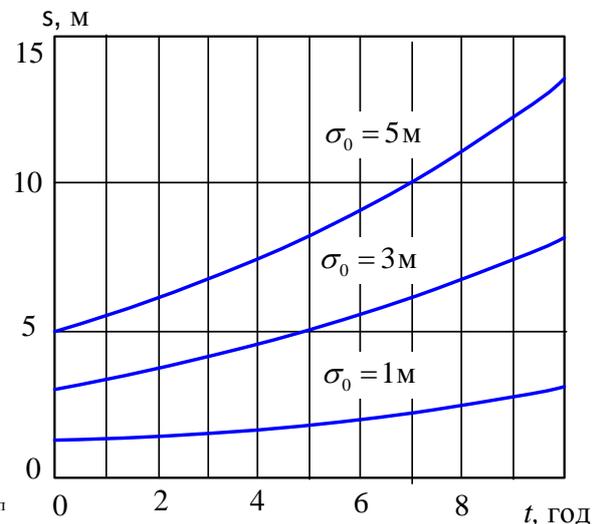


Рис. 4. Динамика изменения погрешности цифровых карт

Анализ результатов расчета показывает, что с течением времени погрешность определения местоположения подвижных объектов на цифровой карте увеличивается. Так, если период обновления составляет 10 лет, то погрешность может увеличиться в 2,5 раза.

Таким образом, на качество функционирования АСН влияют две составляющие – воздействие помех, старение цифровых карт, которые снижают точность определения координат. Суммарная погрешность определяется среднегеометрическим значением [15]:

$$\sigma_{x,y} = \sqrt{\sigma_{\text{гн}}^2 + \sigma_{\text{гцк}}^2} , \quad \sigma_h = \sqrt{\sigma_{\text{гн}}^2 + \sigma_{\text{гцк}}^2} ,$$

где  $\sigma_{\text{гн}}$ ,  $\sigma_{\text{гнн}}$  – суммарная погрешность определения местоположения плоских и вертикальных координат АСН;  $\sigma_{\text{гцк}}$ ,  $\sigma_{\text{гцкн}}$  – погрешность определения местоположения на цифровой карте плоских и вертикальных координат соответственно.

Следующей проблемой навигационного обеспечения подвижных объектов МЧС России может быть недостаточное обучение персонала МЧС России по использованию

навигационного оборудования [9], что может привести к ошибкам в навигации и потере времени при доставке помощи на место происшествия. Необходимо обеспечить персонал МЧС России достаточным обучением и тренингом, чтобы они могли эффективно использовать навигационное оборудование в условиях экстренной ситуации.

### Заключение

Необходимо отметить, что в работе определена важность навигационного обеспечения подвижных объектов для МЧС России при проведении спасательных операций. Наибольший эффект в оперативности проведения спасательных работ дает интеграция навигационных и инфотелекоммуникационных технологий, объединяющая их в систему навигационного обеспечения подвижных объектов управления. В результате проведенных в статье исследований вскрыты некоторые проблемы навигационного обеспечения, связанные с воздействием на элементы системы преднамеренных и непреднамеренных помех, старением картографических средств навигационной аппаратуры и недостаточной подготовкой пользователей аппаратуры спутниковой навигации. Для повышения эффективности применения АСН необходимо совершенствовать ее в этих направлениях, которые являются дальнейшими приоритетными вопросами исследования [24, 25].

### Список источников

1. Тхакохов А.А. Инновационные технологии и техника для ликвидации чрезвычайных ситуаций // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023. № 5-4 (80). С. 161–163.
2. Воронин Д.А., Кнутов М.С. Инновационная разработка в области противопожарной защиты // *Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф.* Иваново, 2021. С. 227–233.
3. Апарин А.А., Закинчак А.И. Совершенствование процесса адаптации технических инноваций в системы обеспечения безопасности // *Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Всемирному дню гражданской обороны*. 2020. С. 173–180.
4. Костерин И.В. Развитие инноваций в образовательных и научных организациях МЧС России // *Инновации*. 2020. № 6 (260). С. 94–98.
5. Грязнов С.Н., Пономарев А.И. Разработка и обоснование приоритетов в сфере инновационной политики МЧС России на период до 2020 года // *Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования*. 2012. Т. 2. № 1 (2). С. 93–94.
6. Терёхин С.Н., Корольков А.П., Печёнов С.Н. Применение современной навигационной системы при подготовке сотрудников ГПС в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России // *Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф.* 2007. С. 100–104.
7. Филиппов А.Г. Методы и модели информационно-навигационного обеспечения аварийно-спасательных формирований МЧС России // *Школа молодых ученых и специалистов МЧС России-2013. Актуальные проблемы обеспечения комплексной безопасности и пути их решения: сб. статей по материалам конф.* 2013. С. 142–149.
8. Дробушко А.Г., Сафонова Н.Л. Использование технологий ГЛОНАСС в структуре МЧС России // *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2015. № 1-1 (4). С. 217–220.
9. Рыженко Н.Ю. Использование геоинформационных систем в структурах МЧС России // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2016. № 1-1 (7). С. 480–484.
10. Зайцева И.Н., Пшеничникова Ю.С. К вопросу об информационно-техническом обеспечении оперативных подразделений МЧС России // *Фундаментальные проблемы*

системной безопасности: материалы III Школы-семинара молодых ученых: в 2-х ч. 2016. С. 53–58.

11. Крылов Д. Навигаторы не смогут противостоять искажению сигнала GPS у Кремля. URL: [https://ria.ru/organization\\_Gazetaru](https://ria.ru/organization_Gazetaru) (дата обращения: 12.07.2023).

12. The village. В Москве вновь произошел сбой в работе GPS. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/news-city/294774-sboi-gps> (дата обращения: 12.07.2023).

13. Лукавский С. Некоторые аспекты кибертерроризма. URL: <https://www.geopolitica.ru/article/nekotorye-aspekty-kiberterrorizma> (дата обращения: 12.07.2023).

14. Ожерельев М., Байтулаев А., Ефименко Д.Б. Навигационное обеспечение системы диспетчерского управления транспортом // Молодой ученый. 2011. № 4. Т. 3. С. 97–100.

15. Снежко В.К., Якушенко С.А. Военные интегрированные системы навигации, связи и управления: учеб. пособие. ВАС. СПб., 2014. 356 с.

16. Навигационная система для наземного транспортного средства «БИНС-Тек» // ОАО «ТеКнол»-Электрон.дан. М., 2009.

17. Первая сетецентрическая война // Военное обозрение. 2013. 22 нояб. URL: <https://topwar.ru/34855-pervaya-setecentricheskaya-voyna.html> (дата обращения: 12.07.2023).

18. Дворников С.В., Духовницкий О.Г. Оценка помехозащищенности профессионального радионавигационного оборудования системы ГЛОНАСС // Информация и космос. 2015. № 4. С. 73–77. EDN VJFNCJ.

19. Работа линий радиосвязи с ППРЧ в условиях преднамеренных помех / М.А. Вознюк [и др.] // Информационные технологии. 2012. № 10. С. 64–67.

20. Симонов А.Н., Волков Р.В., Дворников С.В. Основы построения и функционирования угломерных систем координатометрии источников радиоизлучений: учеб. пособие / под ред. А.Н. Симонова. СПб.: ВАС, 2017. 248 с.

21. Дворников С.В. Методика оценки имитостойчивости каналов управления роботизированных устройств // Радиопромышленность. 2016. № 2. С. 64–69.

22. Якушенко С.А., Малышев А.К., Мешков И.С. Непараметрический метод оценки помехозащищенности спутниковых радионавигационных приемников в условиях воздействия ретрансляционных помех // Успехи современной радиоэлектроники. 2016. № 11. С. 9–13.

23. Якушенко С.А., Сазонов М.А. Информационно-расчетные задачи навигационно-связных комплексов специального назначения // Успехи современной радиоэлектроники. 2015. № 1. С. 37–40.

24. Повышение помехоустойчивости сигналов КАМ-16 с трансформированными созвездиями / С.В. Дворников [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2014. № 2. С. 51–56.

25. Теоретические положения повышения помехоустойчивости сигнально-кодовых конструкций квадратурных сигналов / С.В. Дворников [и др.] // Информация и космос. 2015. № 3. С. 13–16.

## References

1. Thakohov A.A. Innovacionnye tekhnologii i tekhnika dlya likvidacii chrezvychajnyh situacij // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2023. № 5-4 (80). S. 161–163.

2. Voronin D.A., Knutov M.S. Innovacionnaya razrabotka v oblasti protivopozharnoj zashchity // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. materialov V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ivanovo, 2021. S. 227–233.

3. Aparin A.A., Zakinchak A.I. Sovershenstvovanie processa adaptacii tekhnicheskikh innovacij v sistemy obespecheniya bezopasnosti // Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony. 2020. S. 173–180.

4. Kosterin I.V. Razvitiye innovacij v obrazovatel'nyh i nauchnyh organizacijah MCHS Rossii // *Innovacii*. 2020. № 6 (260). S. 94–98.
5. Gryaznov S.N., Ponomarev A.I. Razrabotka i obosnovanie prioritetov v sfere innovacionnoj politiki MCHS Rossii na period do 2020 goda // *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*. 2012. T. 2. № 1 (2). S. 93–94.
6. Teryohin S.N., Korol'kov A.P., Pechyonov S.N. Primenenie sovremennoj navigacionnoj sistemy pri podgotovke sotrudnikov GPS v Sankt-Peterburgskom universitete GPS MCHS Rossii // *Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* 2007. S. 100–104.
7. Filippov A.G. Metody i modeli informacionno-navigacionnogo obespecheniya avarijno-spasatel'nyh formirovanij MCHS Rossii // *Shkola molodyh uchenyh i specialistov MCHS Rossii-2013. Aktual'nye problemy obespecheniya kompleksnoj bezopasnosti i puti ih resheniya: sb. statej po materialam konf.* 2013. S. 142–149.
8. Drobushko A.G., Safonova N.L. Ispol'zovaniya tekhnologij GLONASS v strukture MCHS Rossii // *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2015. № 1-1 (4). S. 217–220.
9. Ryzhenko N.Yu. Ispol'zovanie geoinformacionnyh sistem v strukturah MCHS Rossii // *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2016. № 1-1 (7). S. 480–484.
10. Zajceva I.N., Pshenichnikova Yu.S. K voprosu ob informacionno-tekhicheskom obespechenii operativnyh podrazdelenij MCHS Rossii // *Fundamental'nye problemy sistemoj bezopasnosti: materialy III Shkoly-seminara molodyh uchenyh: v 2-h ch.* 2016. S. 53–58.
11. Krylov D. Navigatory ne smogut protivostoyat' iskazheniyu signala GPS u Kremlya. URL: [https://ria.ru/organization\\_Gazetaru](https://ria.ru/organization_Gazetaru) (data obrashcheniya: 12.07.2023).
12. The village. V Moskve vnov' proizoshel sboj v rabote GPS. URL: <https://www.the-village.ru/village/city/news-city/294774-sboi-gps> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
13. Lukavskij S. Nekotorye aspekty kiberterrorizma. URL: <https://www.geopolitica.ru/article/nekotorye-aspekty-kiberterrorizma> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
14. Ozherel'ev M., Bajtulaev A., Efimenko D.B. Navigacionnoe obespechenie sistemy dispetcherskogo upravleniya transportom // *Molodoj uchenyj*. 2011. № 4. T. 3. S. 97–100.
15. Snezhko V.K., Yakushenko S.A. Voennye integrirovannye sistemy navigacii, svyazi i upravleniya: ucheb. posobie. VAS. SPb., 2014. 356 s.
16. Navigacionnaya sistema dlya nazemnogo transportnogo sredstva «BINS-Tek» // OAO «TeKnol»-Elektron.dan. M., 2009.
17. Pervaya setecentricheskaya vojna // *Voennoe obozrenie*. 2013. 22 noyab. URL: <https://topwar.ru/34855-pervaya-setecentricheskaya-vojna.html> (data obrashcheniya: 12.07.2023).
18. Dvornikov S.V., Duhovnickij O.G. Ocenka pomekhozashchishchennosti professional'nogo radionavigacionnogo oborudovaniya sistemy GLONASS // *Informaciya i kosmos*. 2015. № 4. S. 73–77. EDN VJFNCJ.
19. Rabota linij radiosvyazi s PPRCH v usloviyah prednamerennyh pomekh / M.A. Voznyuk [i dr.] // *Informacionnye tekhnologii*. 2012. № 10. S. 64–67.
20. Simonov A.N., Volkov R.V., Dvornikov S.V. Osnovy postroeniya i funkcionirovaniya uglomernyh sistem koordinatometrii istochnikov radioizluchenij: ucheb. posobie / pod red. A.N. Simonova. SPb.: VAS, 2017. 248 s.
21. Dvornikov S.V. Metodika ocenki imitoustojchivosti kanalov upravleniya robotizirovannyh ustrojstv // *Radiopromyshlennost'*. 2016. № 2. S. 64–69.
22. Yakushenko S.A., Malyshev A.K., Meshkov I.S. Neparаметрический метод оценки помехозащитности спутниковых радионавигационных приемников в условиях воздействия ретрансляционных помех // *Uspekhi sovremennoj radioelektroniki*. 2016. № 11. S. 9–13.
23. Yakushenko S.A., Sazonov M.A. Informacionno-raschetnye zadachi navigacionno-svyaznyh kompleksov special'nogo naznacheniya // *Uspekhi sovremennoj radioelektroniki*. 2015. № 1. S. 37–40.

24. Povyshenie pomexoustojchivosti signalov KAM-16 s transformirovannymi sozvezdiyami / S.V. Dvornikov [i dr.] // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2014. № 2. S. 51–56.

25. Teoreticheskie polozheniya povysheniya pomexoustojchivosti signal'no-kodovyh konstrukcij kvadratnyh signalov / S.V. Dvornikov [i dr.] // Informaciya i kosmos. 2015. № 3. S. 13–16.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 15.07.2023; одобрена после рецензирования: 07.08.2023; принята к публикации: 10.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 15.07.2023; approved after review: 07.08.2023; accepted for publication: 10.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Дворников Сергей Викторович**, профессор кафедры радиотехнических и оптоэлектронных комплексов (Кафедра 21) Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67); профессор кафедры радиосвязи Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного, доктор технических наук, профессор, e-mail: [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4889-0001>, SPIN-код: 7109-9590

**Якушенко Сергей Алексеевич**, доцент кафедры Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), кандидат технических наук, доцент, SPIN-код: 7330-3298

**Погорелов Андрей Анатольевич**, доцент кафедры Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [anpog@yandex.ru](mailto:anpog@yandex.ru), SPIN-код: 6413-0148

*Information about authors:*

**Dvornikov Sergey V.**, professor of the department of radio engineering and optoelectronic complexes (Department 21) Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67); professor of the department of radio communications of the Military academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, doctor of technical sciences, professor, e-mail: [practicdsv@yandex.ru](mailto:practicdsv@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4889-0001>, SPIN: 7109-9590

**Yakushenko Sergey A.**, associate professor of the department of the Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 67, lit. A), candidate of technical sciences, associate professor, SPIN: 7330-3298

**Pogorelov Andrey A.**, associate professor of the department Military academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny (194064, Saint-Petersburg, Tikhoretsky pr., 3), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [anpog@yandex.ru](mailto:anpog@yandex.ru), SPIN: 6413-0148

Научная статья

УДК 519.816:519.853; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-54-62

## **ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ТРЕУГОЛЬНЫХ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ В МАТРИЦЕ ПОПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ**

✉ **Пефтибай Георгий Иванович;**

**Галухин Николай Александрович;**

**Ивахненко Андрей Викторович.**

**Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС Донецкой Народной Республики,  
г. Донецк, Россия**

✉ [niigd.osmas-1@mail.ru](mailto:niigd.osmas-1@mail.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена разработке метода расчета треугольных весовых коэффициентов в нечеткой задаче принятия решения. Цель работы – повышение точности определения треугольных весовых коэффициентов. Для достижения указанной цели применена совокупность методов научного и эмпирического исследования: анализ и декомпозиция проблемы на две задачи, методы математического программирования и нечеткой математики, метод сравнения. Искомые весовые коэффициенты представлены в параметрическом виде с неодинаковыми параметрами нечеткости, что позволило выделить и формализовать две задачи: определение модальных значений и задачу определения параметров нечеткости. Обе задачи сформулированы в терминах нелинейного математического программирования. Предложенный метод отличается от известных тем, что в качестве оптимизируемых переменных использованы параметры нечеткости треугольных чисел, которые приняты неодинаковыми для левой и правой границ во всех весовых коэффициентах.

Предложенный подход позволил повысить точность определения весовых коэффициентов. Проверку точности проводили методом сравнения с известным методом LLSM на двух матрицах. Расчеты показали, что интегральная абсолютная ошибка предложенного метода более чем в два раза меньше, чем у известного метода по каждой из матриц.

*Ключевые слова:* матрица, попарное сравнение, весовые коэффициенты, треугольные числа, параметр нечеткости, нелинейное программирование, система ограничений, абсолютная точность

**Для цитирования:** Пефтибай Г.И., Галухин Н.А., Ивахненко А.В. Параметрический метод расчета треугольных весовых коэффициентов в матрице попарных сравнений // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 54–62. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-54-62.

Scientific article

## **PARAMETRICAL METHOD FOR CALCULATION OF TRIANGULAR WEIGHT COEFFICIENTS IN MATRIX OF PAIRED COMPARISONS**

✉ **Peftibay Georgy I.;**

**Galukhin Nikolay A.;**

**Ivakhnenko Andrey V.**

**Scientific research institute «Respirator» of EMERCOM of the Donetsk People's Republic,  
Donetsk, Russia**

✉ [niigd.osmas-1@mail.ru](mailto:niigd.osmas-1@mail.ru)

*Abstract.* The article deals with development of the method for calculation of triangular weight coefficients in fuzzy problem of decision making. The study objective is to improve the accuracy of triangular weight coefficient determination. In order to achieve the above-mentioned objective, a set of methods of scientific and empirical investigation: analysis

and splitting of the problem into two tasks, methods of mathematical programming and fuzzy logic, method of comparison. The required weight coefficients are represented in a parametrical form with unlike fuzzy parameters which allowed for two tasks to be separated and formalized: determination of modal values and the task to determine fuzziness parameters. Both tasks have been formulated in terms of non-linear mathematical programming. The proposed method differs from the known ones by using the parameters of triangular numbers fuzziness as optimized variables which are assumed to be different for the left and right borders in all weight coefficients.

The proposed approach allowed for the accuracy of weight coefficients to be improved. The accuracy validation was conducted comparing with the known LLSM method on two matrices. The calculations have demonstrated that the integral absolute error of the proposed method more than twice smaller than that of the know method for each of the matrices.

*Keywords:* matrix, paired comparison, weight coefficients, triangular numbers, fuzziness parameter, non-linear programming, set of constraints, absolute precision

**For citation:** Peftibay G.I., Galukhin N.A., Ivakhnenko A.V. Parametrical method for calculation of triangular weight coefficients in matrix of paired comparisons // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 54–62. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-54-62.

## Введение

Метод анализа иерархий в нечеткой постановке (НМАИ) применяется для решения многокритериальных задач принятия решений в случае, когда хотя бы один из критериев (признаков, показателей, факторов) является качественным, неточным, нечетким или трудноизмеримым. В результате формального представления критериев возникает неопределенность, связанная с опытом, предпочтениями, интуицией и индивидуальными суждениями лиц, принимающих решения. В НМАИ указанные неопределенности учитываются с помощью нечетких чисел. Одними из основных задач этого метода являются получение нечеткой матрицы попарных сравнений (НМПС) и определение нечетких весовых коэффициентов, которые предназначены для учета степени важности критерия в аддитивной свертке, то есть для учета неодинакового влияния каждого критерия на конечную оценку, поставленную в соответствие каждой альтернативе.

В публикации [1] предложена модификация НМАИ, в которой относительный приоритет проектов определяют, используя четкий метод анализа иерархий. Метод нечеткого логического вывода используется для фазификации входных и выходных переменных и для получения глобальных приоритетов проектов. В работе не приведена оценочная шкала для ранжирования проектов по критериям. Метод Чанга [2] – наиболее известный метод получения весовых коэффициентов, именуемый также как метод расширенного анализа. Суть метода состоит в нахождении степени предпочтительности нормализованных построчных сумм в НМПС и весовых коэффициентов как отношения степени предпочтительности строки к сумме предпочтительностей всех строк. Наибольшей критике метод Чанга подвергается за возможность получения нулевых значений весовых коэффициентов, что означает исключение некоторых критериев из аддитивной свертки.

В работе [3] проведен детальный анализ метода Чанга, на примерах показана иррациональность применения этого метода в нескольких практических приложениях. В работе [4] предложен метод программирования нечетких предпочтений FPP, в результате которого получают четкие весовые коэффициенты (приоритеты) из неполного множества нечетких суждений. Формально решение задачи представлено в виде математической модели нелинейного математического программирования с системой ограничений. В работе введена степень согласованности нечетких суждений, которую получают при экстремальном значении целевой функции. Положительное значение степени согласованности означает согласованность, а отрицательное – не согласованность НМПС. Метод получения весовых

коэффициентов на основе генетического алгоритма [5] идейно базируется на математических соотношениях метода FPP, но для решения оптимизационной задачи применяется метод эволюционного поиска – генетический алгоритм, предложена мера согласованности нечетких суждений. Результаты расчетов весовых коэффициентов методом FPP и методом на основе генетического алгоритма согласуются. Известна группа методов расчёта весовых коэффициентов, основанных на дефазификации НМПС [6–8] с последующим вычислением вектора весовых коэффициентов по стандартной процедуре четкого метода анализа иерархий. Дефазификация элементов НМПС проводится методом центра тяжести. В публикациях [9, 10] использованы метрики (расстояния по Евклиду или Хеммингу) для представления нечеткого числа четким интервалом. Все вышеупомянутые методы позволяют определить точечные или четкие интервальные значения весовых коэффициентов. Однако наиболее адекватным представлением весовых коэффициентов, соответствующих природе треугольной НМПС, являются треугольные весовые коэффициенты – нечеткие множества. Одним из наиболее известных методов получения треугольных весовых коэффициентов является «модифицированный нечеткий логарифмический метод наименьших квадратов (LLSM)» [3]. Неизвестные весовые коэффициенты находятся из выражения для суммы квадратов разностей логарифмов отношения весовых коэффициентов треугольных нечетких чисел НМПС (левой и правой границ, модального значения), представляющих собой нелинейную целевую функцию. Система ограничений представлена линейными уравнениями и неравенствами для левых и правых границ и основного уравнения нормализованных модальных значений. Недостаток метода LLSM состоит в большом расстоянии между левой и правой границами [4] при его использовании в различных приложениях.

В связи с вышеизложенным повышение точности определения треугольных весовых коэффициентов является актуальной задачей, решение которой позволит повысить уровень обоснованности и достоверности принятия решения в многокритериальных задачах.

Цель работы – разработка метода получения треугольных весовых коэффициентов повышенной точности.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- получить модальные и граничные значения весовых коэффициентов;
- определить нечеткие треугольные весовые коэффициенты;
- выполнить сравнение точности расчета треугольных весовых коэффициентов известным (LLSM) и предлагаемым методами.

### **Методы исследования**

В процессе исследований в работе был использован комплекс теоретических и эмпирических методов научного познания. Метод анализа применен после декомпозиции проблемы на две части: задачу нахождения модальных значений и задачу нахождения граничных значений треугольных нечетких весовых коэффициентов. Анализ выделенных задач показал, что каждая из них может быть сведена к оптимизационной задаче и решена методом нелинейного математического программирования [11]. В качестве целевых функций использована метрика Хемминга (интегральная абсолютная ошибка) между расчётными выражениями и фактическими значениями элементов НМПС. При выводе математических соотношений использованы методы нечеткой математики для операций над нечеткими треугольными числами и их представлениями в параметрическом виде. Для подтверждения повышенной точности расчетных значений треугольных весовых коэффициентов применен метод сравнения интегральной абсолютной ошибки разработанного и известного (LLSM) методов нахождения треугольных весовых коэффициентов на двух НМПС, взятых из литературных источников, включая зарубежные.

### Результаты исследования

Пусть дана матрица с элементами в виде нечетких треугольных попарных сравнений  $\tilde{A}$ .

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (l_{12}; m_{12}; u_{12}) & \dots & (l_{1n}; m_{1n}; u_{1n}) \\ (l_{21}; m_{21}; u_{21}) & (1; 1; 1) & \dots & (l_{2n}; m_{2n}; u_{2n}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (l_{n1}; m_{n1}; u_{n1}) & (l_{n2}; m_{n2}; u_{n2}) & \dots & (1; 1; 1) \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Каждый элемент НМПС  $\tilde{A} (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$   $i \neq j$  может быть представлен в виде отношения треугольных весовых коэффициентов:

$$(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \approx \frac{w_i}{w_j}, \quad (2)$$

где  $l_{ij}, u_{ij}$  – левая и правая границы треугольных чисел матрицы (1);  $m_{ij}$  – мода треугольного числа матрицы (1);  $w_i, w_j$  – нечеткие треугольные весовые коэффициенты  $i$ -го и  $j$ -го критерия;  $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n, i \neq j$ ;  $n$  – размерность матрицы.

Весовые коэффициенты, включая и нормализованные, можно записать в параметрическом виде с неодинаковыми параметрами нечеткости:

$$w_i = (w_i^M - P_i^L, w_i^M, w_i^M + P_i^U), w_j = (w_j^M - P_j^L, w_j^M, w_j^M + P_j^U), \quad (3)$$

где  $w_i^M, w_j^M$  – моды весовых коэффициентов  $i$ -го и  $j$ -го критерия;  $P_i^L, P_j^L$  – параметры нечеткости левой границы весовых коэффициентов  $i$ -го и  $j$ -го критерия;  $P_i^U, P_j^U$  – параметры нечеткости правой границы весовых коэффициентов  $i$ -го и  $j$ -го критерия.

Тогда, согласно уравнению (2), получаем:

$$(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \approx \frac{(w_i^M - P_i^L, w_i^M, w_i^M + P_i^U)}{(w_j^M - P_j^L, w_j^M, w_j^M + P_j^U)} = \left( \frac{w_i^M - P_i^L}{w_j^M - P_j^L}, \frac{w_i^M}{w_j^M}, \frac{w_i^M + P_i^U}{w_j^M + P_j^U} \right). \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что:

$$l_{ij} \approx \frac{w_i^M - P_i^L}{w_j^M - P_j^L}, m_{ij} \approx \frac{w_i^M}{w_j^M}, u_{ij} \approx \frac{w_i^M + P_i^U}{w_j^M + P_j^U}. \quad (5)$$

Поскольку выражение для моды  $m_{ij} \approx \frac{w_i^M}{w_j^M}$  не зависит от параметров нечеткости, то определение величины  $w_i^M$  может быть осуществлено в рамках отдельной оптимизационной задачи с целевой функцией:

$$H_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n \left| m_{ij} - \frac{w_i^M}{w_j^M} \right| \rightarrow \min \quad (6)$$

и ограничениями, связанными с нормализацией весовых коэффициентов.

$$\sum_{i=1}^n w_i^M = 1, w_i^M > 0. \quad (7)$$

Целевую функцию (6) можно понимать как расстояние по Хеммингу или абсолютную ошибку между исходными и расчетными значениями мод. В результате компьютерного решения нелинейной задачи математического программирования с целевой функцией (6) и ограничениями (7) получаем числовые значения  $w_i^M$ . Поскольку уравнение (5) выполняется приближенно, то получение неизвестных  $P_i^L, P_i^U$  может быть осуществлено в рамках решения оптимизационной задачи с целевой функцией:

$$H_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n \left( \left| \frac{w_i^M - P_i^L}{w_j^M + P_j^U} - l_{ij} \right| + \left| \frac{w_i^M + P_i^U}{w_j^M - P_j^L} - u_{ij} \right| \right) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Систему ограничений получим из следующих соображений: левые границы – неотрицательные числа, разности, находящиеся в знаменателях (8), – не равны нулю, все параметры нечеткости – не отрицательные числа. То есть получаем следующую систему ограничений:

$$\begin{cases} 0 \leq P_i^L < w_i^M \\ P_i^U \geq 0 \\ i = 1, \dots, n \end{cases}. \quad (9)$$

Оптимизационная задача с целевой функцией (8) и ограничениями (9) относится к нелинейным задачам математического программирования и в общем случае решается численными методами, например, с помощью функции «Поиск решения» в программе Microsoft Office Excel. Результатом решения являются значения  $P_i^L$  и  $P_i^U$ , по которым совместно с ранее найденными модами  $w_i^M$  по формуле (3) находят нормализованные треугольные весовые коэффициенты.

Сравнение точности расчета весовых коэффициентов предложенным методом и наиболее известным и широко применяемым методом LLSM выполним на двух НМПС, взятых из литературных источников, включая зарубежные. Матрица  $\tilde{B}$ , приведенная в работе [12], содержит следующие треугольные элементы:

$$\tilde{B} = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2,5; 3; 3,5) & (2,5; 3; 3,5) \\ (0,29; 0,33; 0,4) & (1; 1; 1) & (0,67; 1; 1,5) \\ (0,29; 0,33; 0,4) & (0,67; 1; 1,5) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Расчет треугольных весовых коэффициентов предложенным методом для матрицы (10) показал следующие результаты:

$$\begin{aligned} w_1 &= (0,600; 0,600; 0,618); \\ w_2 &= (0,177; 0,200; 0,240); \\ w_3 &= (0,177; 0,200; 0,240). \end{aligned}$$

По полученным значениям весовых коэффициентов рассчитаем элементы НМПС:

$$\begin{aligned} \frac{w_1}{w_2} &= (2,500; 3; 3,492); & \frac{w_1}{w_3} &= (2,500; 3; 3,492); & \frac{w_2}{w_1} &= (2,86; 0,333; 0,400); \\ \frac{w_2}{w_3} &= (0,738; 1; 1,356); & \frac{w_3}{w_1} &= (2,860; 0,333; 0,400); & \frac{w_3}{w_2} &= (0,738; 1; 1,356). \end{aligned}$$

Используя полученные расчетные данные, составляем расчетную НМПС:

$$\tilde{B}_1 = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2,500; 3; 3,492) & (2,500; 3; 3,492) \\ (0,286; 0,333; 0,400) & (1; 1; 1) & (0,738; 1; 1,356) \\ (0,286; 0,333; 0,400) & (0,738; 1; 1,356) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}.$$

Найдем интегральную (суммарную) абсолютную ошибку между элементами исходной  $\tilde{B}$  и расчетной  $\tilde{B}_1$  матрицами, используя расстояние по Хеммингу:

$$\rho_1 = |3,5 - 3,492| \cdot 2 + |0,290 - 0,286| + |0,738 - 0,670| + |1,500 - 1,356| + \\ + |0,290 - 0,286| + |0,738 - 0,670| + |1,500 - 1,356| = 0,448.$$

Аналогичные расчеты проведем, используя метод LLSM. В публикации [12] приведены расчетные значения треугольных весовых коэффициентов  $w_1 = (0,59; 0,60; 0,59)$ ,  $w_2 = (0,17; 0,20; 0,24)$ ,  $w_3 = (0,17; 0,20; 0,24)$ , полученные методом LLSM. Легко заметить ошибочность расчетов для  $w_1$ , поскольку правая граница треугольного числа меньше его моды. Поэтому авторами пересчитаны значения  $w_1, w_2, w_3$  методом LLSM, используя математические модели, приведенные в источниках [3], [12]. Уточненные значения весовых коэффициентов имеют вид:

$$w_1 = (0,560; 0,600; 0,667); \\ w_2 = (0,162; 0,200; 0,224); \\ w_3 = (0,163; 0,200; 0,224).$$

Аналогично предыдущим вычислениям, получим расчетную НМПС для метода LLSM:

$$\tilde{B}_2 = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2,500; 3; 4,117) & (2,500; 3; 4,092) \\ (0,243; 0,333; 0,400) & (1; 1; 1) & (0,723; 1; 1,374) \\ (0,244; 0,333; 0,400) & (0,728; 1; 1,383) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}.$$

Интегральная абсолютная ошибка между матрицами  $\tilde{B}$  и  $\tilde{B}_2$  равна  $\rho_2 = 1,038$ .

Сравнивая  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , заключаем, что интегральная абсолютная ошибка предложенного метода в 2,32 раза меньше, чем у метода LLSM.

Проверим точность предложенного метода еще на одной НМПС [4], имеющей вид:

$$\check{C} = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2; 3; 4) & (1; 2; 3) \\ (0,250; 0,333; 0,500) & (1; 1; 1) & (0,333; 0,500; 1) \\ (0,333; 0,500; 1) & (1; 2; 3) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}.$$

Предложенный метод расчёта весовых коэффициентов показал следующие результаты для матрицы  $\check{C}$ :

$$w_1 = (0,483; 0,546; 0,723), \\ w_2 = (0,181; 0,181; 0,242), \\ w_3 = (0,241; 0,273; 0,543).$$

Вычисляя отношения  $\frac{w_i}{w_j}$ , получим расчетную матрицу попарных сравнений  $\check{C}_1$ :

$$\check{C}_1 = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2; 3,017; 3,990) & (0,890; 2; 2,668) \\ (0,250; 0,332; 0,501) & (1; 1; 1) & (0,333; 0,663; 1,004) \\ (0,333; 0,500; 1,124) & (0,996; 0,508; 3) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}.$$

Интегральная абсолютная ошибка между элементами матрицы  $\check{C}$  и  $\check{C}_1$  равна  $\rho_3 = 1,259$ .

Применяя известный метод LLSM к матрице  $\check{C}$ , получим следующие значения весовых коэффициентов:

$$w_1 = (0,418; 0,540; 0,666),$$

$$w_2 = (0,135; 0,163; 0,201),$$

$$w_3 = (0,199; 0,297; 0,382).$$

Проводя вычисления, аналогичные вышеприведенным, имеем расчетную матрицу попарных сравнений  $\check{C}_2$ :

$$\check{C}_2 = \begin{pmatrix} (1; 1; 1) & (2,080; 3,313; 4,933) & (1,094; 1,818; 3,347) \\ (0,203; 0,302; 0,481) & (1; 1; 1) & (0,353; 0,549; 1,010) \\ (0,299; 0,550; 0,914) & (0,990; 1,822; 2,830) & (1; 1; 1) \end{pmatrix}.$$

Расчеты показывают, что интегральная абсолютная ошибка между матрицами  $\check{C}$  и  $\check{C}_2$  равна  $\rho_4 = 3$ . Таким образом, предложенный метод в 2,38 раза точнее метода LLSM.

### Заключение

Разработан новый метод расчета треугольных весовых коэффициентов, основанный на параметрическом представлении треугольного числа и использовании методов нелинейного математического программирования. Точность предложенного метода определена методом сравнения с известным методом LLSM на двух тестовых матрицах, заимствованных из литературных источников. Расчеты показали, что интегральная абсолютная ошибка предложенного метода более чем в два раза меньше, чем у метода LLSM.

Таким образом, при использовании предложенного метода получены треугольные весовые коэффициенты с повышенной точностью, что позволяет повысить достоверность и обоснованность решения многокритериальных задач в различных областях экономики, горноспасательного дела, пожарной безопасности, оценке рисков чрезвычайных ситуаций и др.

### Список источников

1. Артамонов В.С., Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Модернизация нечеткого метода анализа иерархии // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 77–84.
2. Chang D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy ANP // European Journal of Operational Research. 1996. Vol. 95. P. 649–655.
3. Ying-Ming Wang, Ying Luo, Zhongsheng Hua. On the extent analysis method for fuzzy ANP and its applications // European Journal of Operational Research. 2008. Vol. 186. P. 735–747.
4. Tsvetinov P., Mikhailov L. Reasoning Under Uncertainty During Pre-Negotiations Using a Fuzzy ANP // Applied soft computing. 2004. Vol. 5. P. 23–33.
5. Дубровин В.И., Миронова Н.А. Метод получения вектора приоритетов из нечетких матриц попарных сравнений // Искусственный интеллект. 2009. № 3. С. 77–84.
6. Cheng R.W., Che Wei Chang, Hung-Lung Lin. A fuzzy ANP-based approach to evaluate medical organization performance // International Journal of Information and Management Sciences. 2008. Vol. 19. № 1. P. 53–74.

7. Liao S.H., Lu K.C., Cheng C.H. Evaluating anti-armor weapon using rankin fuzzy numbers // *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*. 2000. Vol. 16. № 2. P. 241–257.
8. Prabjot K.A., Mahanti N.C. Fuzzy ANP-based approach for selection ERP vendors // *International Journal of Soft Computing*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 241–257.
9. Xinfan W. Fuzzy Number Intuitionistic Fuzzy Arithmetic Aggregation Operators // *International Journal of Fuzzy Systems*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 92–103.
10. Ting-Yu Chen, Tai-Chun Ku. Importance-Assessing Method with Fuzzy Number-Valued Fuzzy Measures and Discussions on TFNs And TrFNs // *International Journal of Fuzzy Systems*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 104–111.
11. Тоха Х.А. Введение в исследование операций. 7-е изд. М.: Вильямс, 2005. С. 912.
12. Скороход А.Б. Применение нечеткого метода анализа иерархий в задаче оценки конкурентных позиций предприятия // *Экономика и управление*. 2011. № 5. С. 104–110.

### References

1. Artamonov V.S., Labinskij A.Yu., Utkin O.V. Modernizaciya nechetkogo metoda analiza ierarhii // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2016. № 4. S. 77–84.
2. Chang D.Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP // *European Journal of Operational Research*. 1996. Vol. 95. P. 649–655.
3. Ying-Ming Wang, Ying Luo, Zhongsheng Hua. On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications // *European Journal of Operational Research*. 2008. Vol. 186. P. 735–747.
4. Tsvetinov P., Mikhailov L. Reasoning Under Uncertainty During Pre-Negotiations Using a Fuzzy AHP // *Applied soft computing*. 2004. Vol. 5. P. 23–33.
5. Dubrovin V.I., Mironova N.A. Metod polucheniya vektora prioritetov iz nechetkih matric poparnyh sravnenij // *Iskusstvennyj intellekt*. 2009. № 3. S. 77–84.
6. Cheng R.W., Che Wei Chang, Hung-Lung Lin. A fuzzy ANP-based approach to evaluate medical organization performance // *International Journal of Information and Management Sciences*. 2008. Vol. 19. № 1. P. 53–74.
7. Liao S.H., Lu K.C., Cheng C.H. Evaluating anti-armor weapon using rankin fuzzy numbers // *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*. 2000. Vol. 16. № 2. P. 241–257.
8. Prabjot K.A., Mahanti N.C. Fuzzy ANP-based approach for selection ERP vendors // *International Journal of Soft Computing*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 241–257.
9. Xinfan W. Fuzzy Number Intuitionistic Fuzzy Arithmetic Aggregation Operators // *International Journal of Fuzzy Systems*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 92–103.
10. Ting-Yu Chen, Tai-Chun Ku. Importance-Assessing Method with Fuzzy Number-Valued Fuzzy Measures and Discussions on TFNs And TrFNs // *International Journal of Fuzzy Systems*. 2008. Vol. 10. № 2. P. 104–111.
11. Тоха Н.А. Введение в исследование операций. 7-е изд. М.: Вильямс, 2005. С. 912.
12. Скороход А.Б. Применение нечеткого метода анализа иерархий в задаче оценки конкурентных позиций предприятия // *Экономика и управление*. 2011. № 5. С. 104–110.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 14.08.2023; одобрена после рецензирования: 15.09.2023;  
принята к публикации: 17.09.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 14.08.2023; approved after review: 15.09.2023;  
accepted for publication: 17.09.2023

*Информация об авторах:*

**Пефтибай Георгий Иванович**, начальник научно-исследовательского отдела специальных средств ведения аварийно-спасательных работ Научно-исследовательского института «Респиратор» МЧС Донецкой Народной Республики (283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 157), кандидат технических наук, e-mail: niigd.osmas-1@mail.ru, SPIN-код: 6982-0099

**Галухин Николай Александрович**, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела специальных средств ведения аварийно-спасательных работ Научно-исследовательского института «Респиратор» МЧС Донецкой Народной Республики (283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 157), e-mail: niigd.osmas-7@mail.ru, SPIN-код: 6004-0555

**Ивахненко Андрей Викторович**, инженер II категории научно-исследовательского отдела специальных средств ведения аварийно-спасательных работ Научно-исследовательского института «Респиратор» МЧС Донецкой Народной Республики (283048, г. Донецк, ул. Артема, д. 157), e-mail: andrey\_ivahnenko@mail.ru

*Information about authors:*

**Peftibai Georgy I.**, head of the research department of special means of conducting emergency rescue operations of the Scientific research institute «Respirator» of EMERCOM of the Donetsk People's Republic (283048, Donetsk, Artem str., 157), candidate of technical sciences, e-mail: niigd.osmas-1@mail.ru, SPIN: 6982-0099

**Galukhin Nikolay A.**, senior researcher of the research department of special means of conducting emergency rescue operations of the Scientific research institute «Respirator» of EMERCOM of the Donetsk People's Republic (283048, Donetsk, Artem str., 157), e-mail: niigd.osmas-7@mail.ru, SPIN: 6004-0555

**Ivakhnenko Andrey V.**, engineer of the II category of the research department of special means of conducting emergency rescue operations of the Scientific research institute «Respirator» of EMERCOM of the Donetsk People's Republic (283048, Donetsk, Artem str., 157), e-mail: andrey\_ivahnenko@mail.ru

Научная статья

УДК 004.056.5; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-63-74

## МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Мелешко Алексей Викторович;

✉ Десницкий Василий Алексеевич.

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

✉ [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru)

*Аннотация.* Работа посвящена разработке модели атак и методики обнаружения атак в самоорганизующихся децентрализованных беспроводных сенсорных сетях. Предложенная модель описывает возможные виды атак и их характеристики с учетом свойств самоорганизации и децентрализации. Методика ориентирована на защиту оперативно разворачиваемых на местности беспроводных сенсорных сетей, применяемых для реагирования в чрезвычайных ситуациях, и описывает этапы процесса построения и настройки механизма обнаружения атак на основе алгоритмов сбора данных в беспроводных сенсорных сетях и применения методов машинного обучения. Проведен анализ возможных видов данных, которые необходимо собирать на узлах беспроводных сенсорных сетей для обнаружения атак. К отличительным особенностям предлагаемой методики можно отнести используемые наборы признаков, характеризующих конкретные виды атакующих воздействий и позволяющих обнаруживать атаки с высокими значениями показателя качества обнаружения. На используемом в работе фрагменте программно-аппаратного прототипа беспроводных сенсорных сетей со встроенным в него механизмом обнаружения атак проведен эксперимент по проверке качества обнаружения атак, подтверждающий корректность предложенной методики.

*Ключевые слова:* беспроводные сенсорные сети, обнаружение атак, методика обнаружения атак

**Для цитирования:** Мелешко А.В., Десницкий В.А. Методика обнаружения атак в самоорганизующихся децентрализованных беспроводных сенсорных сетях // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 63–74. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-63-74.

Scientific article

## TECHNIQUE OF ATTACK DETECTION IN SELF-ORGANIZING DECENTRALIZED WIRELESS SENSOR NETWORKS

Meleshko Aleksey V.;

✉ Desnitsky Vasily A.

Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences,  
Saint-Petersburg, Russia

✉ [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru)

*Abstract.* The work is devoted to the development of an attack model and a technique for detecting attacks in self-organizing decentralized wireless sensor networks. The proposed model describes possible types of attacks and their characteristics, taking into account the properties of self-organization and decentralization. The methodology is focused on the protection of wireless sensor networks deployed on the ground, used for emergency response, and describes the stages

of the process of building and configuring an attack detection mechanism based on data collection algorithms in wireless sensor networks and the use of machine learning methods. The analysis of possible types of data that need to be collected at the nodes of wireless sensor networks to detect attacks is carried out. The distinctive features of the proposed technique include the sets of features used that characterize specific types of attacking influences and allow detecting attacks with high values of the detection quality indicator. On the fragment of the hardware-software prototype of wireless sensor networks used in the work with an attack detection mechanism built into it, an experiment was conducted to check the quality of attack detection, confirming the correctness of the proposed technique.

*Keywords:* wireless sensor networks, attack detection, attack detection technique

**For citation:** Meleshko A.V., Desnitsky V.A. Technique of attack detection in self-organizing decentralized wireless sensor networks // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 63–74. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-63-74.

## Введение

Проблематика информационной безопасности беспроводных сенсорных сетей (БСС) и обнаружения атак в них становится все более актуальной во многих областях приложения, включающих электроэнергетику, транспортные системы, имплантируемые медицинские устройства и др. Все большее распространение получают самоорганизующиеся децентрализованные БСС, причем самоорганизация представляет возможности динамического изменения состава узлов сети и ситуационного выстраивания сетевой топологии. Децентрализация предполагает возможности распределения функций управляющего узла БСС на несколько узлов с различными ролями, назначаемыми и переопределяемыми узлам сети в процессе ее работы. Конкретная роль узла определяется набором назначаемых ему целевых и обеспечивающих функций, например, функций сбора данных или их хранения и обработки. Характерным примером таких БСС является система антикризисного реагирования в чрезвычайных ситуациях, оперативно разворачиваемая на местности и обеспечивающая сетевую связность и коммуникации в сети разнородных устройств, относящихся к различным службам спасения, а также обеспечивающая автономность работы отдельных узлов в условиях недостатка энергоресурсов. Ввиду критически важного характера подобных систем вопросы защищенности БСС и предоставляемых ими сервисов от действий атакующих приобретают особенно важное значение.

Механизмы самоорганизации и децентрализации обеспечивают динамический характер работы сети, перераспределение функций между устройствами сети на протяжении ее работы и возможности ее масштабирования. Но в то же время данные механизмы формируют уязвимости, эксплуатация которых позволяет нарушить корректное функционирование БСС. Например, злонамеренно используя механизм самоорганизации, атакующий способен внедрить ложный узел в сеть и исказить фактические данные об оперативной обстановке информационного и физического окружения сети. Поэтому вопросы моделирования атак в самоорганизующихся децентрализованных БСС и обнаружения атак, эксплуатирующих в том числе свойства децентрализации и самоорганизации, являются особенно актуальными.

## Обзор релевантных работ

Рассмотрим основные виды атак, присущих БСС. Суть sinkhole-атаки, нацеленной как на прослушивание данных сети, так и на их модификацию, заключается в том, что злонамеренный узел форсирует передачу другими узлами данных через него и тем самым «убеждает» их, что передача данных через него представляет кратчайший маршрут [1, 2] – узлы начинают передавать данные только через данный атакующий (зараженный) узел.

Атака нарушает механизм маршрутизации и может быть выполнена путем добавления нового узла в БСС или же при помощи воздействия на уже существующий.

Wormhole-атака перехватывает сообщение от одного узла другому и доставляет его быстрее, то есть за меньшее количество ретрансляций. В результате оригинальный, легитимный экземпляр сообщения будет отброшен узлом получателем [1, 3, 4]. Эта атака реализуется с помощью двух злонамеренных узлов, которые могут передавать друг другу сообщения по каналу связи, отличному от канала, используемого в рамках атакованной БСС. Отметим, что данная атака также направлена на нарушение процесса маршрутизации, и ее целью является модификация и подслушивание данных в сети.

Целью blackhole-атаки (так называемой атаки «черной дыры») является прерывание коммутации в сети, когда атакующий узел забирает (фактически теряет) полученные пакеты, и другие узлы начинают искать альтернативные маршруты в сети [1, 5]. При этом узлам приходится отправлять потерянные пакеты повторно, в том числе другими маршрутами. Атака нарушает маршрутизации в сети, а также из-за необходимости повторной передачи происходит лишнее расходование коммуникационных и вычислительных ресурсов сети.

Sybil-атака заключается в формировании на узлах сети сведений о существовании нескольких различных узлов, которые по факту являются одним узлом злоумышленника, что также нарушает правила маршрутизации в сети [1].

Под атаками внедрения вредоносного кода понимается разновидность атак, которые эксплуатируют ошибки в программном обеспечении и внедряют вредоносный код в управляющую программу узла, например, путем инъекции кода в пакет данных [6, 7]. Целью является нарушение алгоритмов работы узла.

Атаки нарушения агрегации данных и вмешательства в работу узла представляют внедрение вредоносного кода для нарушения работы узлов. Нарушение агрегации данных представляет атаку на узел, реализующий обработку и агрегацию данных, полученных от других узлов. Примером атак вмешательства является изменение алгоритма работы управляющей программы узла или корректировка физической среды его окружения узла, что может приводить к искажению показаний его сенсоров.

Hello-flood-атаки и атаки Denial-of-Sleep представляют разновидности DoS-атак [1, 8, 9]. Hello-flood-атака заключается в частой рассылке «приветственных» широкоэвещательных сообщений, информирующих соседние узлы о предлагаемых параметрах коммуникации. Узлы, получая такие сообщения, вынуждены на них реагировать. Узел-получатель может корректировать собственный список узлов сети, доступных для коммуникации с ним, и корректировать свои таблицы маршрутизации. Атака приводит к излишнему расходу энергоресурсов и вычислительных ресурсов узлов, поэтому она может довольно эффективно поражать БСС. Цель Denial-of-Sleep атаки – не дать узлу сети перейти в энергосберегающий режим, что приводит к повышению его энергопотребления. Атака выполняется отправкой приветственного запроса и способна приводить к потере доступности узла.

Атаки десинхронизации, атаки типа clock-skeing и data-replay можно отнести к атакам на протокол взаимодействия между узлами [1, 10]. Атака десинхронизации включает отправку пакетов с дубликатом номера текущей сессии. Поскольку в соответствии с правилами корректного функционирования сети одновременно двух одинаковых номеров сессии быть не должно, то атака приводит к закрытию сессии с отправленным порядковым номером. Поэтому узлам приходится создавать новые сессии (а это, в свою очередь, включает предварительный обмен сообщениями), что дополнительно расходует ресурсы узлов и в результате может привести к нарушениям в функционировании сети.

Атака типа clock-skeing является атакой на датчики БСС, которые требуют синхронизации текущего времени для работы. Она рассинхронизирует датчики, распространяя ложные значения текущего момента времени. Атака типа data-replay заключается в несанкционированном повторении пакетов данных – злоумышленником проводится повторная отправка по сети корректных, ранее записанных пакетов данных, что может приводить к искажению информации о состоянии среды, в которой работает БСС.

Атака типа jamming заключается в зашумлении канала связи, по которому узлы БСС осуществляют коммуникацию [11, 12]. Атаку можно отнести к физическому способу воздействия, поэтому она может приводить к полному нарушению работы сети или отключению от сети одного, двух или более узлов, что может не сразу быть обнаружено механизмом выявления атак из-за наличия в сети свойства самоорганизации.

В рассмотренных выше работах авторы рассматривают наиболее простые («базовые») реализации данных атак – варианты атак без учета свойств децентрализации сети. Однако самоорганизация и в большей степени децентрализация могут позволить злоумышленнику реализовать атаку менее заметно для средств защиты, чем при ее базовой реализации. Например, такой, более скрытной вариацией атаки может быть эксплуатация децентрализации и ролевого распределения для нелегитимного получения конкретной роли, которая предполагает получение информации от других узлов сети. Или это может быть использование механизма перераспределения ролей для реализации атак отказа в обслуживании, а именно flood-атаки, при которой узлы «впустую» тратят доступные энергоресурсы узлов. Все это позволяет сделать вывод о том, что задача анализа влияния свойств самоорганизации и децентрализации при реализации описанных выше атак, а также разработка алгоритмов их обнаружения являются на сегодняшний день актуальными.

В работе предложены модель атак самоорганизующейся децентрализованной БСС и методика обнаружения атак. Особенностью модели атак является учет свойств децентрализации и самоорганизации атак, рассматриваемых в недостаточной степени в рамках, опубликованных к настоящему времени работ в предметной области обнаружения атак в БСС. Особенность методики – использование специфичных, характеризующих рассматриваемые виды атак наборов данных, необходимых для обнаружения атак, а также способы их получения. К отличиям методики можно отнести также построенные наборы признаков, которые целесообразно использовать для обнаружения атак с применением методов машинного обучения.

### Модель атак на самоорганизующуюся децентрализованную БСС

Обобщенно модель атак можно представить в виде множества кортежей:

$$\{(Type_{impact}, Type_{attack}, Target_{attack}, Involv_{selforg}, Involv_{decentral})\},$$

где  $Type_{impact}$  определяет подкласс объекта, на который осуществляются воздействия. Например,  $Type_{impact}$  может включать данные, программное обеспечение (ПО) узла, используемый протокол сетевого и транспортного уровней, физический канал связи.  $Type_{attack}$  определяет тип атаки – используемый способ воздействия на объект атаки.  $Target_{attack}$  задает конкретную цель атаки.  $Involv_{selforg}$  – бинарная характеристика, определяющая наличие влияния свойства самоорганизации на реализацию атаки.  $Involv_{decentral}$  – бинарная характеристика, определяющая наличие влияния свойства децентрализации на реализацию атаки.

Таким образом, каждый конкретный экземпляр кортежа определяет набор из пяти характеристик рассматриваемой атаки. Для wormhole-атаки кортеж будет иметь следующий вид: (передаваемые в БСС данные, тип wormhole, нарушение конфиденциальности и целостности данных, True, True).

Рассмотренные атаки на самоорганизующиеся децентрализованные БСС можно разделить на несколько подклассов, характеризующих объект, на которые они оказывают воздействие: а именно атаки на данные, передаваемые по сети; на программное обеспечение узлов; на устройства (узлы БСС); на протокол взаимодействия и канал связи. Обобщенно для каждого класса атак возможные разновидности атак приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Анализ атак на БСС с учетом влияния  
свойств самоорганизации и децентрализации**

Типы атак	Цель	Влияние самоорганизации БСС	Влияние децентрализации БСС
<b>1. Воздействия на пользовательские и служебные данные в БСС</b>			
Sinkhole, Sybil, wormhole, blackhole	Нарушение целостности и конфиденциальности передаваемых данных (в том числе данных маршрутизации)	Расширенные возможности атакующего по нелегитимному внедрению узла в сеть, а также по подмене адресов узлов	Эксплуатация атакующим функций назначения и перераспределения ролей узлов
<b>2. Воздействия на ПО БСС</b>			
Внедрение вредоносного кода, искажение процессов агрегации данных	Модификация алгоритмов работы ПО узлов БСС	Расширенные возможности атакующего по нелегитимному внедрению узла в сеть и перестроению логической структуры сети	Заражение узла модифицированной командой по смене роли узла. Форсированное получение ролей коллектора или обработчика данных
<b>3. Воздействия на узел БСС</b>			
Hello-flood-атака, Denial-of-Sleep, атака вмешательства в работу узла (Node Tampering) и др.	Нарушение доступности узлов, что приводит к нарушению функционирования, в том числе истощение энергоресурсов узлов БСС	Возможность внедрения в сеть значительного числа новых узлов с заданными сетевыми настройками со сложностью их априорного отнесения к аномальным	Возможности эксплуатации слабых мест механизма децентрализации, в том числе назначение ролей несуществующим узлам
<b>4. Воздействия на коммуникационный протокол БСС</b>			
Атака десинхронизации и атаки типа clock-skeing и data-replay	Нарушение работы протокола взаимодействия узлов	Возможность «санкционированного» добавления в БСС узла-злоумышленника	Эксплуатация слабых мест протокола, в том числе модификация полей протокола «на лету»
<b>5. Воздействия на каналы связи БСС</b>			
Атака зашумления (jamming)	Зашумление каналов связи, по которым осуществляется беспроводная коммуникация в сети	Ввиду самоорганизации БСС, с точки зрения последствий эффект от атаки может быть расценен как легитимное изменение БСС	Возможности воздействия на узлы и инициирования процесса распределения ролей с вовлечением в него всех узлов БСС

Приведенные в табл. 1 атаки выполнимы как в БСС общего вида, так и в самоорганизующихся децентрализованных БСС. Однако при наличии в БСС свойств самоорганизации и децентрализации атакующий получает расширенные возможности по выполнению таких атак, используя действия, которые в таких сетях априори рассматриваются как легитимные. Например, в БСС общего вида появление в сети нового узла может являться явным признаком злонамеренной модификации структуры сети, тогда как в самоорганизующейся сети данный факт сам по себе не может однозначно свидетельствовать о какой-либо атаке. Поэтому для обнаружения атак на самоорганизующиеся децентрализованные БСС требуется расширенный набор признаков и более сложные способы их обнаружения.

Для каждой из рассмотренных в работе атак анализировалось, в какой степени свойства самоорганизации и децентрализации, а также ролевое функционирование сети могут влиять на выполнимость атак. Выявлено, что в некоторых случаях, например, при атаке типа sinkhole, реализация атаки упрощается, тогда как для других видов атак, например, атаки типа data-replay – наоборот, усложняется. Результаты проведенного анализа представлены в табл. 1, в которой описываются возможные типы атак на данный класс сетей с определением отличительных признаков каждой атаки. В табл. 1 также включены результаты анализа влияния свойств самоорганизации и децентрализации на выполнимость рассматриваемых атак. Необходимость разработки модели связана с потребностью в определении актуальных видов атак, которым подвержены узлы БСС, а также основных характеристик таких атак, которые, в свою очередь, должны использоваться в качестве основы для формирования признакового пространства для разрабатываемых алгоритмов обнаружения.

Отметим, что, строго говоря, описанная в табл. 1 модель атак не является исчерпывающей и может быть дополнена некоторыми другими видами атакующих воздействий, но вместе с тем она охватывает все основные, наиболее важные, описанные в литературе типовые виды атакующих воздействий на рассматриваемую разновидность БСС.

### Методика обнаружения атак

Предложенная методика направлена на обеспечение эффективного обнаружения атак при использовании децентрализованных и самоорганизующихся архитектур БСС. В табл. 2 приведены основные виды данных, которые требуется собирать для обнаружения атак, описанных в модели атак.

Таблица 2

#### Исходные данные для обнаружения атакующих воздействий

Вид данных	Источник данных	Единица измерения	Примеры атак
Маршруты сообщений БСС	Таблицы маршрутизации каждого узла	шт.	Sinkhole, Sybil, wormhole, blackhole
Запросы на перераспределение ролей узлов	Служебный лог контроллера сети	Событие и его атрибуты	Sinkhole, Sybil, wormhole, blackhole
Показания сенсоров узлов	Все сенсорные узлы сети	Факт считывания	Внедрение вредоносного кода
Контрольные суммы управляющего ПО	Все узлы сети	Целочисленное значение	Внедрение вредоносного кода, искажение агрегации данных

Вид данных	Источник данных	Единица измерения	Примеры атак
Размер полезной нагрузки пакетов данных	Пакеты сообщений, передающиеся по сети	байты	Внедрение вредоносного кода
Потребление ресурсов узлов, (нагрузка процессора, потребление памяти, остаток энергоресурсов)	Все узлы сети	проценты	Denial-of-Sleep, hello-flood
Геолокация узлов	Все узлы сети	Координаты GPS/ГЛОНАСС	Jamming, sinkhole
События добавления новых узлов в сеть и покидания узлами сети	Служебный лог контроллера сети	Событие и его атрибуты	Jamming, sinkhole, Sybil, wormhole, blackhole
Качество беспроводного сигнала	Все узлы сети	дБм	Jamming

Рассматриваемая БСС имеет ролевое функционирование, и все действия, связанные с обнаружением атак, производятся узлом с ролью детектора. Отметим, что указанные исходные данные могут уточняться и актуализироваться под конкретный прикладной сценарий.

Методика базируется на обнаружении атак и использовании методов машинного обучения. Методика включает комбинирование данных, полученных от различных узлов сети для повышения качества обнаружения атак. Предложенная методика схематично представлена на рис. 1.

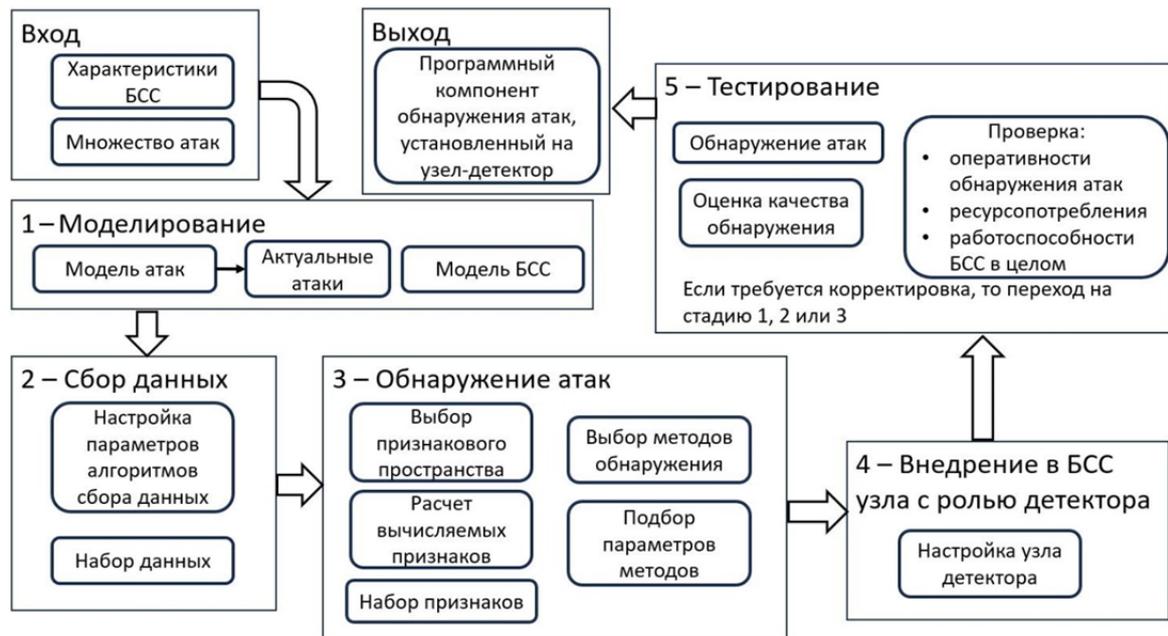


Рис. 1. Схема методики обнаружения атак

Методика включает пять основных этапов. Входными данными методики являются перечень атак, которые необходимо обнаружить, а также характеристики конкретной БСС, в том числе характеристики сети, включающие свойства самоорганизации и децентрализации, список ролей узлов, типы используемых сенсоров, назначение БСС и др.

Методика также учитывает ряд требований и ограничений, в том числе ограничений на потребляемые алгоритмами обнаружения объемы аппаратных ресурсов, а также требование на сохранение работоспособности сети в процессе обнаружения атак.

Этапом 1 является моделирование БСС и построение модели атак. На данном этапе производится формальное описание БСС и ее свойств, а также выделение актуальных видов атак с оценкой влияния свойств самоорганизации и децентрализации на ход каждого вида атаки.

На этапе 2 производится сбор данных, необходимых для обнаружения атак. Проводится настройка параметров сбора данных, определяются место и длительность их хранения и алгоритмы предобработки. Результатом этапа является набор размеченных данных, предназначенный для формирования алгоритмов обнаружения на основе методов машинного обучения с учителем.

На этапе 3 производится конструирование признаков из полученного набора данных, выбор обучающих методов и подбор подходящих гипер-параметров для них.

Этап 4 включает развертывание построенных алгоритмов обнаружения атак в БСС на узел с ролью детектора атак.

Этап 5 включает проведение экспериментов по обнаружению атак с оценкой качества обнаружения (с использованием показателей точности, полноты, F1-меры) и оценкой выполнимости заданных требований и ограничений. Выход методики – готовый программный компонент, настроенный на особенности реализации процессов сбора данных в сети и обнаружения на их основе атак, актуальных для рассматриваемой БСС. В табл. 3 описаны основные виды признаков, используемых для обнаружения атак.

Таблица 3

### Признаки для обнаружения атак

Классы атак	Признаки
1. Воздействия на пользовательские и служебные данные в БСС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– количество задействованных маршрутов за единицу времени;</li> <li>– количество уникальных маршрутов, проходящих через определенный узел за единицу времени;</li> <li>– запросы на смену ролей узлов сети и атрибуты данного запроса (в том числе адрес узла БСС – инициатора смены ролей, характеристики данного узла, такие как объем свободной памяти его локального хранилища и остаток энергоресурсов);</li> <li>– атрибуты события добавления узла в сеть (в том числе геолокация, ресурсные характеристики)</li> </ul>
2. Воздействия на ПО БСС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– средняя частота считываний узлами показаний сенсоров за единицу времени;</li> <li>– контрольные суммы управляющего ПО;</li> <li>– размер полезной нагрузки пакетов данных;</li> <li>– запросы на смену ролей узлов сети и их атрибуты (идентификатор узла – инициатора запроса, его характеристики)</li> </ul>
3. Воздействия на узел БСС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– средняя частота смены ролей узлов сети;</li> <li>– потребление ресурсов узлов за единицу времени;</li> <li>– геолокация узлов;</li> <li>– количество событий добавления узлов в сеть за единицу времени;</li> <li>– частота считываний узлами показаний сенсоров за единицу времени</li> </ul>
4. Воздействия на коммуникационный протокол БСС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– запросы на смену ролей узлов сети и его атрибуты (статус запроса и количество таких запросов);</li> <li>– количество событий добавления узлов в сеть за единицу времени</li> </ul>
5. Воздействия на каналы связи БСС	<ul style="list-style-type: none"> <li>– качество беспроводного сигнала;</li> <li>– геолокация узлов перед отключением;</li> <li>– количество событий ухода узлов из сети за единицу времени</li> </ul>

Приведенные в табл. 3 признаки атак могут непосредственно извлекаться из собираемых данных в сети, а также могут конструироваться путем статистической обработки собираемых в сети данных. Такими производными признаками могут быть, во-первых, количество задействованных маршрутов за единицу времени, что может быть вычислено на основе данных о маршрутах передачи сообщений в БСС, и, во-вторых, средняя частота смены ролей узлов сети – путем анализа запросов на перераспределение ролей узлов за единицу времени. Методика отличается универсальностью – применение методики позволяет настроить и внедрить защитные меры по эффективному обнаружению актуальных видов атак на самоорганизующуюся децентрализованную БСС в различных областях приложений.

### Эксперименты и дискуссия

В качестве апробации предложенной методики обнаружения атак на разработанном программно-аппаратном стенде самоорганизующейся децентрализованной БСС с ролевым функционированием [13] проведено моделирование атаки отказа в обслуживании (атака типа flood), схематично представленной на рис. 2. Суть моделируемой атаки состоит в подключении к сети злонамеренного узла и несанкционированном инициировании механизма перераспределения ролей в сети. Предполагается, что злоумышленник выполняет следующие шаги: подключение скомпрометированного узла к БСС; инициирование запроса на реконфигурацию ролей узлов; некорректное завершение запроса на реконфигурацию ролей; возврат сети в исходное состояние; повтор всех предыдущих шагов множество раз.



Рис. 2. Иллюстрация атакующих воздействий при моделировании атаки типа flood

В рамках моделирования атаки узлы БСС вынуждены тратить дополнительные ресурсы на выполнение служебных команд – ответов на запросы штатного перераспределения ролей в сети. Однако под атакой каждое очередное перераспределение завершается некорректно, и БСС возвращается в исходное состояние. В итоге работоспособность сети нарушается, и значительно сокращается время ее автономной работы. Полученный набор данных содержит передаваемые по сети показания сенсоров и записи служебного лога контроллера сети, который включает в себя запросы о перераспределении или реконфигурации сети. Эксперименты на имеющемся программно-аппаратном стенде БСС подтвердили, что собираемых данных достаточно для корректного обнаружения моделируемой атаки.

При разработке прототипа компонента обнаружения flood-атаки использовались следующие модели машинного обучения (рис. 2): AdaBoost-классификатор, случайный лес, байесовский классификатор, логистическая регрессия, линейный классификатор SVM, деревья решений и Ridge-классификатор. Для оценки качества использовался показатель F1-меры как универсальный показатель, объединяющий точность обнаружения атак и полноту. Проведенные эксперименты показали высокие значения показателя – среднее значение F1-меры составляет 0,98, что подтверждает корректность предлагаемой методики для использования в самоорганизующихся децентрализованных БСС.

### Заключение

В работе описаны модели и методика обнаружения атак в децентрализованных БСС. Методика учитывает особенности ролевого функционирования узлов сети и включает алгоритмы сбора данных и обнаружения атак. Методика позволяет формировать средства обнаружения атак, актуальных для конкретной сети, настраивать и развертывать в существующие инфраструктуры БСС в различных приложениях. В дальнейшей работе планируется апробация методики на других видах атак, в том числе с их натурным моделированием в различных вариациях.

### Список источников

1. Grover J., Sharma S. Security issues in wireless sensor network – a review // 5th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO), 2016. P. 397–404.
2. Rehman Au., Rehman S.U., Raheem H. Sinkhole attacks in wireless sensor networks: a survey // *Wireless Personal Communications*. 2019. № 106. P. 2291–2313. DOI: 10.1007/s11277-018-6040-7.
3. Ahutu O.R., El-Ocla H. Centralized routing protocol for detecting wormhole attacks in wireless sensor networks // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 63270–63282. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2983438.
4. Ghugar U., Pradhan J. Survey of wormhole attack in wireless sensor networks // *Computer Science and Information Technologies*. 2021. Vol. 2. № 1. P. 33–42. DOI: 10.11591/csit.v2i1.p33-42.
5. Шахов В.В., Юргенсон А.Н., Соколова О.Д. Моделирование воздействия атаки Black Hole на беспроводные сенсорные сети // *Программные продукты и системы*. 2017. Т. 30. № 1. С. 34–39. DOI: 10.15827/0236-235X.030.1.034-039.
6. Alahari H.P., Yelavarthi S.B. Performance analysis of denial of service dos and distributed dos attack of application and network layer of IoT // *Third International conference on inventive systems and control (ICISC)*. 2019. P. 72–81. DOI: 10.1109/ICISC44355.2019.9036403.
7. Nwokoye C.H., Madhusudanan V. Epidemic models of malicious-code propagation and control in wireless sensor networks: an indepth review // *Wireless personal communications*. 2022. № 125. P. 1827–1856. DOI: 10.1007/s11277-022-09636-8.

8. Detection of Hello Flood Attacks Using Fuzzy-Based Energy-Efficient Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks / S. Radhika [et al.] // *Electronics*. 2023. Vol. 12. № 1. DOI: 10.3390/electronics12010123.
9. Denial-of-Service Attacks on Wireless Sensor Network and Defense Techniques / M.N.U. Islam [et al.] // *Wireless personal communications*. 2021. Vol. 116. P. 1993–2021. DOI: 10.1007/s11277-020-07776-3.
10. Amirreza Zaman, Behrouz Safarinejadian, Wolfgang Birk. Security analysis and fault detection against stealthy replay attacks // *International Journal of Control*. 2022. Vol. 95:6. P. 1562–1575. DOI: 10.1080/00207179.2020.1862917.
11. An anonymous channel categorization scheme of edge nodes to detect jamming attacks in wireless sensor networks / M. Adil [et al.] // *Sensors*. 2020. Vol. 20(8):2311. DOI: 10.3390/s20082311.
12. SVM-Based cloning and jamming attack detection in iot sensor networks / M. Jeyaselvi [et al.] // *Advances in information communication technology and computing. Lecture notes in networks and systems*. 2022. Vol. 392. DOI: 10.1007/978-981-19-0619-0\_41.
13. Мелешко А.В., Десницкий В.А. Детектирование атак в самоорганизующихся децентрализованных беспроводных сенсорных сетях // *Математическое и информационное моделирование: материалы Всерос. конф. молодых ученых*. 2022. Т. 20. С. 276–281.

### References

1. Grover J., Sharma S. Security issues in wireless sensor network – a review // 5th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO), 2016. P. 397–404.
2. Rehman Au., Rehman S.U., Raheem H. Sinkhole attacks in wireless sensor networks: a survey // *Wireless Personal Communications*. 2019. № 106. P. 2291–2313. DOI: 10.1007/s11277-018-6040-7.
3. Ahutu O.R., El-Ocla H. Centralized routing protocol for detecting wormhole attacks in wireless sensor networks // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 63270–63282. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2983438.
4. Ghugar U., Pradhan J. Survey of wormhole attack in wireless sensor networks // *Computer Science and Information Technologies*. 2021. Vol. 2. № 1. P. 33–42. DOI: 10.11591/csit.v2i1.p33-42.
5. Shahov V.V., Yurgenson A.N., Sokolova O.D. Modelirovanie vozdejstviya ataki Black Hole na besprovodnye sensornye seti // *Programmnyye produkty i sistemy*. 2017. Т. 30. № 1. С. 34–39. DOI: 10.15827/0236-235X.030.1.034-039.
6. Alahari H.P., Yelavarthi S.B. Performance analysis of denial of service dos and distributed dos attack of application and network layer of IoT // *Third International conference on inventive systems and control (ICISC)*. 2019. P. 72–81. DOI: 10.1109/ICISC44355.2019.9036403.
7. Nwokoye C.H., Madhusudanan V. Epidemic models of malicious-code propagation and control in wireless sensor networks: an indepth review // *Wireless personal communications*. 2022. № 125. P. 1827–1856. DOI: 10.1007/s11277-022-09636-8.
8. Detection of Hello Flood Attacks Using Fuzzy-Based Energy-Efficient Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks / S. Radhika [et al.] // *Electronics*. 2023. Vol. 12. № 1. DOI: 10.3390/electronics12010123.
9. Denial-of-Service Attacks on Wireless Sensor Network and Defense Techniques / M.N.U. Islam [et al.] // *Wireless personal communications*. 2021. Vol. 116. P. 1993–2021. DOI: 10.1007/s11277-020-07776-3.
10. Amirreza Zaman, Behrouz Safarinejadian, Wolfgang Birk. Security analysis and fault detection against stealthy replay attacks // *International Journal of Control*. 2022. Vol. 95:6. P. 1562–1575. DOI: 10.1080/00207179.2020.1862917.

11. An anonymous channel categorization scheme of edge nodes to detect jamming attacks in wireless sensor networks / M. Adil [et al.] // *Sensors*. 2020. Vol. 20(8):2311. DOI: 10.3390/s20082311.

12. SVM-Based cloning and jamming attack detection in iot sensor networks / M. Jeyaselvi [et al.] // *Advances in information communication technology and computing. Lecture notes in networks and systems*. 2022. Vol. 392. DOI: 10.1007/978-981-19-0619-0\_41.

13. Meleshko A.V., Desnickij V.A. Detektirovanie atak v samoorganizuyushchihya decentralizovannyh besprovodnyh sensornyh setyah // *Matematicheskoe i informacionnoe modelirovanie: materialy Vseros. konf. molodyh uchenyh*. 2022. T. 20. S. 276–281.

### **Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 14.09.2023; одобрена после рецензирования: 15.09.2023; принята к публикации: 20.09.2023

### **The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 14.09.2023; approved after review: 15.09.2023; accepted for publication: 20.09.2023

### *Информация об авторах:*

**Мелешко Алексей Викторович**, младший научный сотрудник Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, д. 39), e-mail: [meleshko.a@iiias.spb.su](mailto:meleshko.a@iiias.spb.su), <https://orcid.org/0000-0002-1209-4230>, SPIN-код: 9600-6970

**Десницкий Василий Алексеевич**, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, д. 39), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3748-5414>, SPIN-код: 9600-6970

### *Information about authors:*

**Meleshko Alexey V.**, junior researcher at the Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences (199178, Saint-Petersburg, 14th line of Vasilievsky island, 39), e-mail: [meleshko.a@iiias.spb.su](mailto:meleshko.a@iiias.spb.su), <https://orcid.org/0000-0002-1209-4230>, SPIN: 9600-6970

**Desnitsky Vasily A.**, senior researcher at the Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences (199178, Saint-Petersburg, 14th line of Vasilievsky island, 39), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [desnitsky@comsec.spb.ru](mailto:desnitsky@comsec.spb.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3748-5414>, SPIN: 9600-6970

Научная статья

УДК 004.056; DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-75-83

## **МЕХАНИЗМЫ АКТУАЛИЗАЦИИ ТРУДОВЫХ ФУНКЦИЙ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЧС РОССИИ**

**Коцюба Игорь Юрьевич.**

**Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия.**

**✉Шестаков Александр Викторович.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

**✉[alexandr.shestakov01@yandex.ru](mailto:alexandr.shestakov01@yandex.ru)**

*Аннотация.* Рассматривается проблема адаптации компетентностных моделей должностных лиц в практику текущей деятельности работников на примере решения задач актуализации и специфицирования трудовых функций должностных лиц МЧС России, осуществляющих профессиональную деятельность в области обеспечения информационной безопасности и защиты информации в динамичных условиях новых угроз информационной безопасности и инновационных технологий защиты информации. Обосновывается, что для актуализации онтологии предметной области трудовых функций в области информационной безопасности в специфике миссии МЧС России необходимо постоянно актуализировать перечень трудовых функций с учетом современных условий, трендов развития науки и технологий, а также их специфицировать для аккумуляции информации, быстрого управления ею для формирования индивидуальных образовательных траекторий для снижения дефицита компетентностных качеств. Для осуществления инфологического описания трудовых функций целесообразно применять формализованные подходы, основанные на автоматизированном формировании должностных инструкций. С целью реализации менее трудоемкого по времени и ресурсам подхода к управлению информационными сущностями трудовых функций должностных лиц их спецификациями предложено для формирования должностных инструкций использовать проблемно-ориентированную информационную систему. В статье представлены артефакты концептуального, логического и физического уровней проектирования соответствующего программного средства.

*Ключевые слова:* информационная безопасность, должностная инструкция, пользователи, процесс управления, диаграмма, информационные системы

**Для цитирования:** Коцюба И.Ю., Шестаков А.В. Механизмы актуализации трудовых функций должностных лиц в области информационной безопасности МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 75–83. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-75-83.

Research article

## MECHANISMS FOR UPDATED LABOR FUNCTIONS OF OFFICIALS IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY OF EMERCOM OF RUSSIA

**Kotsyuba Igor Yu.**

**National research university ITMO, Saint-Petersburg, Russia.**

✉ **Shestakov Alexander V.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia**

✉ [alexandr.shestakov01@yandex.ru](mailto:alexandr.shestakov01@yandex.ru)

*Abstract.* The problem of adapting competency models of officials to the practice of current activities of employees is considered, using the example of solving problems of updating and specifying the labor functions of officials of EMERCOM of Russia, carrying out professional activities in the field of ensuring information security and information protection in the dynamic conditions of new threats to information security and innovative technologies for information protection. It is substantiated that in order to update the ontology of the subject area of labor functions in the field of information security in the specifics of the mission of EMERCOM of Russia, it is necessary to constantly update the list of labor functions taking into account modern conditions and trends in the development of science and technologies, as well as their specification for the accumulation of information, its rapid management for the formation of individual educational trajectories to reduce the deficit of competence qualities. To implement an infological description of job functions, it is advisable to use formalized approaches based on the automated generation of job descriptions. In order to implement a less time- and resource-intensive approach to managing the information entities of the job functions of officials and their specifications, it is proposed to use a problem-oriented information system to formulate job descriptions. The article presents artifacts of the conceptual, logical and physical levels of design of the corresponding software tool.

*Keywords:* information security, job description, users, management process, diagram, information systems

**For citation:** Kotsyuba I.Yu., Shestakov A.V. Mechanisms for updated labor functions of officials in the field of information security of EMERCOM of Russia // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 75–83. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-75-83.

### Введение

Современная сфера информационной безопасности характеризуется появлением новых угроз и информационных технологий защиты информации. Список угроз и методов, подходов, технологий по защите информации постоянно расширяется, что требует постоянной актуализации информации в процессе обучения специалистов по информационной безопасности как в образовательных учреждениях, так и на предприятиях, вынужденных актуализировать список трудовых функций должностных лиц и описывающие их должностные инструкции.

Проблема усугубляется необходимостью гармонизировать рабочие программы дисциплин, связанных с информационной безопасностью, с требованиями компетентностных моделей выпускника в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом, формировать список планируемых результатов обучения как главных характеристик компетенций, приводить их в соответствие с реальными проблемами специалистов бизнеса и государственных учреждений [1].

Немаловажен фактор учета специфики отраслевой принадлежности, например, сферы МЧС России, в которой предъявляются разнообразные требования к защите информации.

Актуализация трудовых функций должностных лиц в области информационной безопасности МЧС России представляет собой комплексную проблему, и одним

из перспективных подходов к ее разрешению является использование информационных технологий, которые дают возможность работать в едином информационном пространстве, позволяющем аккумулировать информационные сущности как учебной, так и трудовой направленности. Поскольку описание трудовых функций и связанных с ними компетенций специалиста – слабо формализованный процесс, необходимо осуществить атрибутивное описание всех сущностей предметной области, в первую очередь, должностных инструкций, а значит, требуется разработка проблемно-ориентированной информационной системы с начального концептуального уровня проектирования, описания всех информационных составляющих.

### Основная часть

В современной проблематике эффективного управления персоналом, на примере МЧС России, четкое определение задач и обязанностей становятся все более важными аспектами для успешного функционирования организаций. В рамках данного контекста проектирование информационной системы по формированию должностной инструкции приобретает особую актуальность. Должностная инструкция играет ключевую роль в определении задач, функций и ответственностей сотрудников на различных уровнях организации. Должностная инструкция относится к важным инструментам для структурирования и регулирования трудовых отношений, а также обеспечению эффективного взаимодействия между сотрудниками и подразделениями.

Разработка и поддержание актуальности положений должностных инструкций может стать сложной задачей для организаций, особенно при наличии значительного количества работников и разнообразной функциональности. Поэтому информационная система, специально разработанная для автоматизации процесса формирования должностных инструкций, может существенно облегчить и ускорить этот процесс, а также повысить его качество и надежность.

Должностная инструкция [2–6] – это локальный и организационно-распорядительный акт, в котором подробно описывают трудовую функцию работника, его деловые качества (квалификационные требования: образование, опыт работы, наличие спецподготовки и др.), а также права, обязанности и возможную ответственность. В документе учитывают особенности производства, труда и управления у работодателя.

Несмотря на высокотехнологичные направления деятельности организаций в сфере информационной безопасности, внутри таких организаций существует недостаток ИТ-решений в процессах управления документацией. Так, часть процессов HR-подразделений производятся в ручном режиме, например, работа с должностными инструкциями. Регламентация работы каждого сотрудника организации является чрезвычайно важной и в определенной степени основополагающей задачей. От качества ее решения во многом зависит и качество реализации других, смежных задач. В конечном счете это должно приводить к оптимизации выполняемых работ и, как следствие, к оптимизации профессионально-квалификационной структуры персонала.

Каждая организация утверждает свою форму должностной инструкции, но содержание у всех примерно одинаковое. Документ, как правило, содержит особые разделы. Каждый из разделов и их назначение представлены в таблице.

**Краткая характеристика разделов должностной инструкции**

№ п/п	Наименование раздела	Описание
1	Общие положения	Содержит: – требования к образованию и стажу работы сотрудника; – непосредственную подчиненность; – кадровый состав подчиненных; – порядок назначения на должность и освобождения от нее; – порядок замещения должности; – возможность совмещения различных категорий должностей и обязанностей; – нормативную базу всего перечня видов деятельности сотрудника
2	Функции	Указывается основная задача работника в данной должности, участок работы. Расписываются конкретные виды работы, которые сотрудник должен выполнять для достижения основной задачи
3	Должностные обязанности	Содержит список всех непосредственных обязанностей сотрудника, вытекающих из устава организации, а также внутренних положений о структурных подразделениях организации, в том числе из специфики конкретной должности
4	Права	Представляет перечень прав, которыми обладает в пределах своей компетенции тот или иной сотрудник при исполнении закрепленных за ним должностных обязанностей
5	Ответственность	Перечисляются как виды, так и степень ответственности каждого сотрудника за неисполнение или ненадлежащее исполнение должностных обязанностей в соответствии с нормами трудового законодательства
6	Взаимоотношения. Связи по должности	Описываются взаимоотношения сотрудника с различными подразделениями организации, а также другими организациями, в том числе органами государственной власти и местного самоуправления
7	Лист ознакомления	Подтверждение ознакомления с должностной инструкцией, подпись сотрудника

В связи с развитием организаций, внедрением новых технологий, организационно-структурными особенностями конкретных предприятий возникает необходимость как редактирования формы должностной инструкции, так и создания новых должностных инструкций с последующим переподписанием сотрудниками. Поэтому многие компании внедряют готовые автоматизированные решения или разрабатывают собственные системы для автоматического формирования должностных инструкций, так как структура должностной инструкции одинакова, но должна учитывать специфику сферы деятельности и отраслевой принадлежности.

Таким образом, в контексте информационной безопасности МЧС России данную проблему можно решить с помощью автоматизированной системы формирования должностных инструкций.

**Программная реализация системы формирования должностных инструкций**

Функциональные требования к информационной системе [7, 8] для формирования должностных инструкций должны быть следующими:

– создание и редактирование должностных инструкций. Система должна позволять пользователям создавать новые должностные инструкции, а также редактировать

существующие. Пользователи должны иметь возможность добавлять, удалять и изменять задачи, обязанности и требования для каждой должности;

– согласование должностных инструкций. Система должна позволять пользователям с определенной ролью согласовывать проект должностной инструкции, а также возвращаться на доработку в случае несогласования;

– хранение должностных инструкций. Система должна обеспечивать хранение всех должностных инструкций в централизованном хранилище, где они могут быть легко найдены и доступны для использования;

– управление версиями. Система должна обеспечивать управление версиями должностных инструкций, что позволит пользователям отслеживать изменения и возвращаться к предыдущим версиям при необходимости;

– возможность сохранения документа на персональном компьютере (ПК), а также отправка должностной инструкции на печать;

– поиск и фильтрация. Система должна обеспечивать возможность поиска и фильтрации должностных инструкций, что позволит быстро находить необходимые инструкции и работать с ними;

– оповещение о новых версиях. Система должна предоставлять возможность оповещения пользователей о новых версиях должностных инструкций, что позволит пользователям быть в курсе изменений и соответствовать текущим требованиям;

– настройка и кастомизация. Система должна обеспечивать возможность настройки и кастомизации интерфейса, а также шаблонов должностных инструкций под конкретные потребности компании.

Одной из диаграмм, применяющихся на этапе проектирования [9, 10] логической модели информационной системы, является диаграмма классов.

Синтаксис диаграмм классов может стать эффективным средством для оформления структуры требований к различным элементам проектируемой системы, а также к их данным, отдельным интерфейсам, функциональности сущностей в объектно-ориентированном представлении.

На этапе проектирования подробно описывают состав и функции системы в соответствии с разработанными бизнес-моделями, что дает уверенность в том, что проектируемая системы отвечает установленным к ней требованиям.

На рис. 1 представлена диаграмма классов проектируемой системы.

По диаграмме классов видно, что класс «User» объединяет в себе три класса «UnitManager», «HR» и «Employee». Каждому из этих классов присвоены свои методы, через которые происходит взаимодействие с классом «JobDescription». Класс «Position», в свою очередь, определяется классом «JobDescription» и связан композиционным отношением, что подчеркивает зависимость класса «JobDescription» от класса «Position». «Position», в свою очередь, состоит из классов «Connection», «Function», «Duties» и «Rights». Все четыре класса объединены агрегированным отношением с классом «Position», что подчеркивает не полную зависимость должности от связей по должностям, функциям, обязанностям и правам, то есть родительский класс может существовать без дочерних классов. Класс «Position» так же связан композиционным отношением с классом «Department», как и класс «Department» связан с классом «Organisation».

Следующий этап проектирования системы включает в себя дополнения модели баз данных диаграммами их размещения на технических средствах.

Наиболее полно особенности физического представления системы на языке UML представляет диаграмма развертывания.

Диаграмма развертывания (deployment diagram) предназначена для представления общей конфигурации или топологии распределенной программной системы и содержит изображение размещения различных артефактов по отдельным узлам системы (рис. 2).

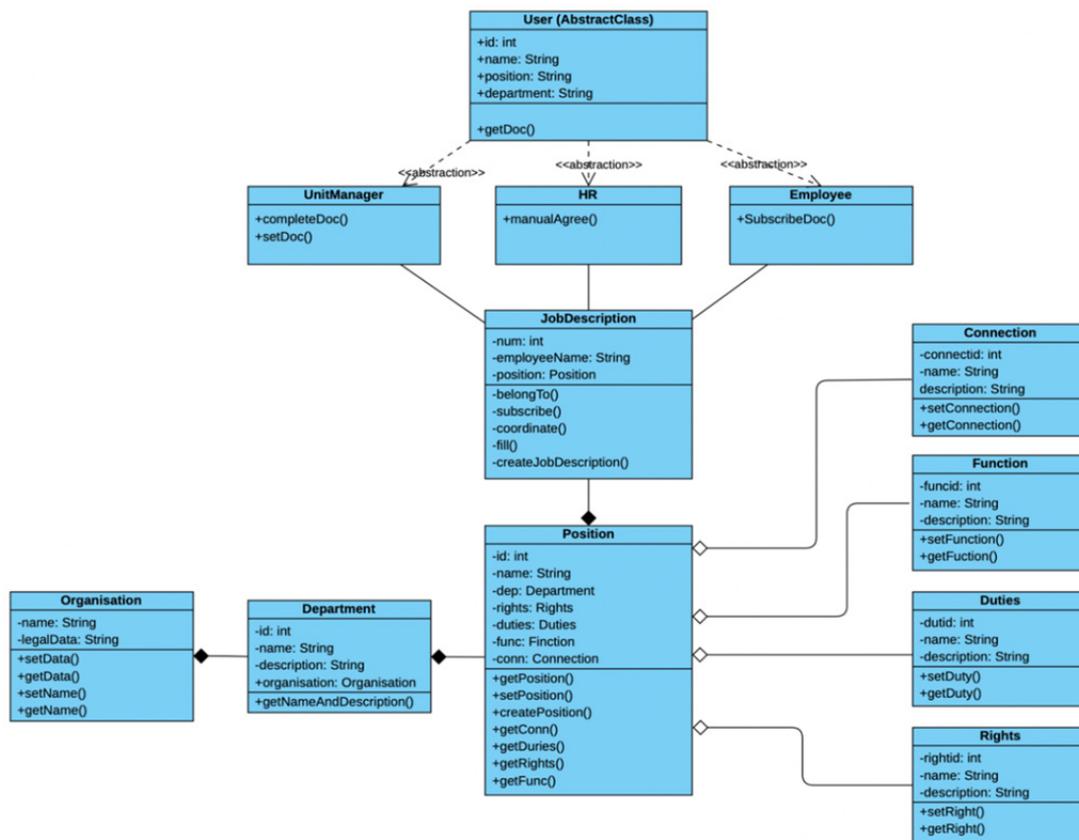


Рис. 1. Диаграмма классов

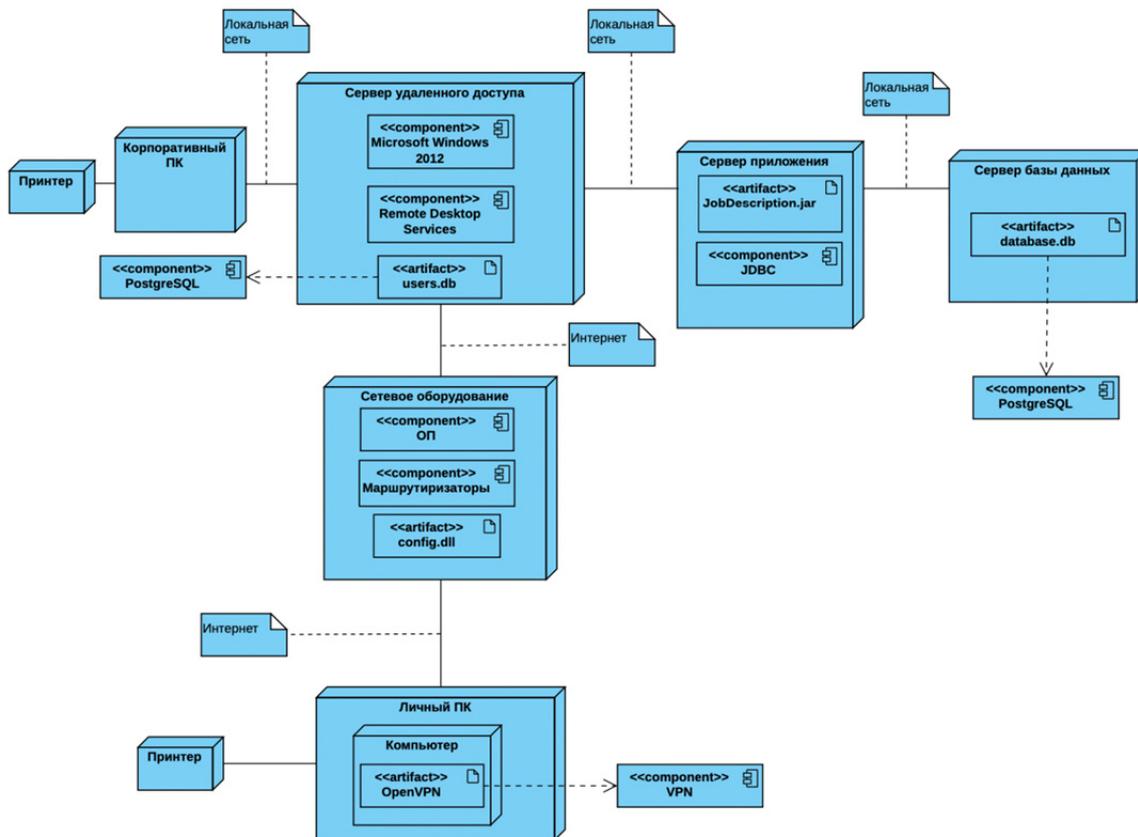


Рис. 2. Диаграмма развертывания

На диаграмме, представленной на рис. 2, видно, что доступ к серверу приложения, на котором расположена проектируемая система, возможен через сервер удаленного доступа по локальной сети организации.

К серверу удаленного доступа возможно подключаться двумя путями.

Первый вариант реализуется через корпоративный ПК сотрудника, подключенный к локальной сети организации.

Второй вариант – через личный ПК сотрудника через сети Интернет и компонент VPN. Каждый из ПК (корпоративный и личный) имеет возможность подключения принтера для вывода на печать созданной должностной инструкции в проектируемой системе. Для запроса необходимой информации сервер приложения подключен к серверу базы данных, который реализован в систему управления базами данных PostgreSQL.

Таким образом, представленные артефакты проектирования позволяют однозначно представить программную логику на концептуальном и физическом уровне представления программного средства по формированию должностных инструкций.

### Заключение

В работе на примере анализа бизнес-процесса «Формирование должностной инструкции» в специфике актуализации трудовых функций должностных лиц в области информационной безопасности МЧС России представлены обоснованные механизмы их актуализации. Акцентирована актуальность использования проблемно-ориентированных информационных систем в данной предметной области. Формализация функциональных и нефункциональных требований дает возможность перехода к проектированию системы с использованием моделей объектно-ориентированного языка UML. Представленные модели позволили сформировать функциональные требования к информационной системе, описать решение и определить роли пользователей, на основании чего получены результаты концептуального и физического проектирования системы по формированию должностных инструкций. Использование взаимоувязанной системы механизмов алгоритмических, программных и информационных средств системы поддержки принятия решений в управлении организационными системами позволит аккумулировать информацию о трудовых функциях, что позитивно повлияет на извлечение актуальных результатов предметной области информационной безопасности для включения их в образовательные маршруты обучающихся.

**Благодарности.** *Статья подготовлена в рамках выполнения в 2023 г. прикладных научных исследований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по заказу МЧС России, регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР № 123030100009-7 от 1 марта 2023 г.*

### Список источников

1. Коцюба И.Ю., Шестаков А.В. Автоматизация корпоративной кадровой политики: компетентностные модели в области информационной безопасности // Автоматизация в промышленности. 2023. № 9. С. 61–64. DOI: 10.25728/avtprom.2023.09.09. EDN DTBRVT.
2. Кириллов А.В. Современные подходы к составлению должностных инструкций // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2015. Т. 4. № 5. С. 78–82. DOI: 10.12737/14962. EDN VKCKSN.
3. Титор С.Е. Должностная инструкция как управленческий документ // Вестник ГУУ. 2022. № 3. С. 37–43. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-3-37-43. EDN WFYQMM.
4. Дарбинян Т.А. Должностная инструкция как способ определения трудовых обязанностей работника // Актуальные проблемы российского права. 2018. № 7 (92). С. 145–152. DOI: 10.17803/1994-1471.2018.92.7.145-152. EDN XXRZQT.

5. Спивак В.А. Переход на профессиональные стандарты и возможности совершенствования должностных инструкций // *Лидерство и менеджмент*. 2016. № 4. С. 204–220. DOI: 10.18334/lim.3.4.37371. EDN XUVOMJ.

6. Петерс А.Н. Должностная инструкция как средство индивидуализации трудовой функции работника // *Сибирское юридическое обозрение*. 2011. № 16. С. 23–25. EDN OOBWVR.

7. ГОСТ 34.602–2020. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

8. Варзунов А.В., Торосян Е.К., Сажнева Л.П. Анализ и управление бизнес-процессами: учеб. пособие. СПб.: Ун-т ИТМО, 2016. 112 с.

9. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем: учеб. пособие. СПб.: Ун-т ИТМО, 2015. 206 с.

10. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Методы оценки и измерения характеристик информационных систем: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2015. 264 с.

### References

1. Kocyuba I.Yu., Shestakov A.V. Avtomatizaciya korporativnoj kadrovoj politiki: kompetentnostnye modeli v oblasti informacionnoj bezopasnosti // *Avtomatizaciya v promyshlennosti*. 2023. № 9. S. 61–64. DOI: 10.25728/avtprom.2023.09.09. EDN DTBRVT.

2. Kirillov A.V. Sovremennye podhody k sostavleniyu dolzhnostnyh instrukcij // *Upravlenie personalom i intellektual'nymi resursami v Rossii*. 2015. T. 4. № 5. S. 78–82. DOI: 10.12737/14962. EDN VKCKSN.

3. Titor S.E. Dolzhnostnaya instrukciya kak upravlencheskij dokument // *Vestnik GUU*. 2022. № 3. S. 37–43. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-3-37-43. EDN WFYQMM.

4. Darbinyan T.A. Dolzhnostnaya instrukciya kak sposob opredeleniya trudovyh obyazannostej rabotnika // *Aktual'nye problemy rossijskogo prava*. 2018. № 7 (92). S. 145–152. DOI: 10.17803/1994-1471.2018.92.7.145-152. EDN XXRZQT.

5. Spivak V.A. Perekhod na professional'nye standarty i vozmozhnosti sovershenstvovaniya dolzhnostnyh instrukcij // *Liderstvo i menedzhment*. 2016. № 4. S. 204–220. DOI: 10.18334/lim.3.4.37371. EDN XUVOMJ.

6. Peters A.N. Dolzhnostnaya instrukciya kak sredstvo individualizacii trudovoj funkcii rabotnika // *Sibirskoe yuridicheskoe obozrenie*. 2011. № 16. S. 23–25. EDN OOBWVR.

7. GOST 34.602–2020. Tekhnicheskoe zadanie na sozдание avtomatizirovannoj sistemy. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

8. Varzunov A.V., Torosyan E.K., Sazhneva L.P. Analiz i upravlenie biznes-processami: ucheb. posobie. SPb.: Un-t ITMO, 2016. 112 s.

9. Kocyuba I.Yu., Chunaev A.V., Shikov A.N. Osnovy proektirovaniya informacionnyh sistem: ucheb. posobie. SPb.: Un-t ITMO, 2015. 206 s.

10. Kocyuba I.Yu., Chunaev A.V., Shikov A.N. Metody ocenki i izmereniya harakteristik informacionnyh sistem: ucheb. posobie. SPb.: NIU ITMO, 2015. 264 s.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 17.09.2023; одобрена после рецензирования: 25.09.2023;  
принята к публикации: 29.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 17.09.2023; approved after review: 25.09.2023;  
accepted for publication: 29.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Коцюба Игорь Юрьевич**, доцент факультета инфокоммуникационных технологий Национального исследовательского университета ИТМО (197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., д. 49, лит. А), кандидат технических наук, e-mail: gercog91@mail.ru, SPIN-код: 5296-3099

**Шестаков Александр Викторович**, ведущий научный сотрудник центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: alexandr.shestakov01@yandex.ru, SPIN-код: 5831-5451

*Information about authors:*

**Kotsyuba Igor Yu.**, associate professor, faculty of infocommunication technologies, National research university ITMO (197101, Saint-Petersburg, Kronversky ave., 49, lit. A), candidate of technical sciences, e-mail: gercog91@mail.ru, SPIN: 5296-3099

**Shestakov Alexander V.**, leading researcher at the center for organizing research and editorial activities of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, senior researcher, e-mail: alexandr.shestakov01@yandex.ru, SPIN: 5831-5451

Аналитическая статья

УДК 004.056; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-84-94

## **ОБРАЩЕНИЕ СО СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ В МЧС РОССИИ: ГАРМОНИЗАЦИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ**

✉ **Метельков Александр Николаевич;**

**Уткин Олег Валерьевич.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

✉ [metelkov5178@mail.ru](mailto:metelkov5178@mail.ru)

*Аннотация.* Целью статьи является исследование логической и сематической точности применения технических терминов в организационно-правовых и организационно-распорядительных документах МЧС России по защите служебной информации, упорядочение отдельных терминов сферы информационной безопасности. Формирование понятийного аппарата в области информационной безопасности выделено в качестве общеметодологической проблемы информационной безопасности. Определение ведомственной терминологии и ее гармонизация с общими подходами позволяет повысить защищенность информации. Исследовано содержание цели защиты информации ограниченного распространения и предложено уточнить его в руководящем документе МЧС России. Рассматриваются понятия термина «носитель информации», обзорно раскрыты типы носителей. Актуальность исследования обусловлена тем, что ввиду интернационализации образования терминосистемы образовательной сферы русского и английского языков на сегодняшний день нуждаются в гармонизации. В результате сравнения с аналогичными документами других государственных органов и анализа содержания терминов выявлены несоответствия терминологии, применяемой в отдельных ведомственных документах по организации защиты информации конфиденциального характера. Установлены расхождения в целях защиты такой информации между нормами федерального законодательства и ведомственным порядком обращения со служебной информацией ограниченного распространения.

*Ключевые слова:* терминология, служебная информация, ограниченное распространение, доступ, защита

**Для цитирования:** Метельков А.Н., Уткин О.В. Обращение со служебной информацией в МЧС России: гармонизация терминологии // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 84–94. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-84-94.

Analytical article

## **HANDLING WITH OFFICE INFORMATION TO OF EMERCOM OF RUSSIA: HARMONIZATION OF TERMINOLOGY**

✉ **Metelkov Alexander N.;**

**Utkin Oleg V.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia**

✉ [metelkov5178@mail.ru](mailto:metelkov5178@mail.ru)

*Abstract.* The purpose of the article is to study the logical and sematic accuracy of the use of technical terms in the organizational, legal and organizational and administrative documents of EMERCOM of Russia for the protection of service information, streamlining individual terms in the field of information security. The formation of the conceptual apparatus in the field of information security is singled out as a general methodological problem of information security. The definition of departmental terminology and its harmonization with common approaches allows increasing the security of information. The content of the goal of protecting information of limited distribution is studied and it is proposed to clarify it in the

governing document of EMERCOM of Russia. Deals with the concepts of the term information carrier, the types of carriers are reviewed. The relevance of the study is due to the fact that, in view of the internationalization of education, the terminological system of the educational sphere of the Russian and English languages today needs to be harmonized. As a result of comparison with similar documents of other state bodies and analysis of the content of terms, inconsistencies in the terminology used in individual departmental documents on the organization of the protection of confidential information were revealed. In order to protect such information, discrepancies have been established between the norms of federal legislation and the departmental procedure for handling proprietary information of limited distribution.

*Keywords:* terminology, proprietary information, limited distribution, access, protection

**For citation:** Metelkov A.N., Utkin O.V. Handling with office information to of EMERCOM of Russia: harmonization of terminology // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. С. 84–94. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-84-94.

### Введение

В числе актуальных вопросов находится разрешение правовой неопределенности понятия электронного носителя информации как источника информации [1, с. 5]. Стандарт ИСО 860: 2007 регламентирует терминологическую деятельность, различая гармонизацию понятий и гармонизацию терминов. Недостатки правовой и технической регламентации терминов, раскрывающих содержание обработки информации на электронных носителях, отражаются на правильности сбора оперативной информации. Терминологическая ясность позволяет на практике более точно реализовывать требования государственных регуляторов по защите информации и обеспечению информационной безопасности.

### Терминологическая ясность как метод совершенствования защиты служебной информации

Служебная информация ограниченного распространения – составное понятие, включающее два компонента несекретной информации [2]. В МЧС России к этому виду информации относится несекретная информация, касающаяся деятельности МЧС России, ограничения на распространение которой диктуются служебной необходимостью, а также поступившая в МЧС России несекретная информация, доступ к которой ограничен в соответствии с федеральными законами. В то же время в одном из нормативных правовых актов МЧС России для обеспечения защиты установлена тождественность конфиденциальной информации и служебной информации, содержащей сведения ограниченного распространения. Целесообразность такого методологического подхода, на взгляд авторов, вызывает сомнения в виду отсутствия легального определения термина «конфиденциальная информация» и может дезориентировать деятельность при выделении защищаемой несекретной информации, установления соотношения между служебной.

Общий порядок обращения с документами и другими материальными носителями ограниченного распространения (фото-, кино-, видео- и аудиопленки, машинные носители информации и др.) (п. 1.1) определен в Положении, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 3 ноября 1994 г. № 1233. Вопросы организации защиты такой информации определены в Приложении № 4 к приказу МЧС России от 14 октября 2019 г. № 581 «О порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». Приложение не лишено существенных терминологических недостатков, которые не способствуют правильному пониманию некоторых аспектов защиты служебной информации. В Приложении № 4 (Организация защиты служебной информации

ограниченного распространения), как показывают результаты проведенного анализа и сравнения с положениями ч. 1 ст. 16 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», цели защиты информации отражены фрагментарно, недостаточно полно и ясно. Во-первых, в Приложении № 4 говорится о соблюдении конфиденциальности информации ограниченного распространения, а в законе – об информации ограниченного доступа, то есть о возможности получения информации и ее использовании. В обязательных Требованиях о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах (утв. приказом Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 11 февраля 2013 г. № 17), устанавливаются требования к обеспечению защиты информации ограниченного доступа, не содержащей сведения, составляющие государственную тайну, в том числе от блокирования доступа к ней при обработке указанной информации в государственных информационных системах. Блокирование доступа в ГОСТ Р 53114–2008 рассматривается как прекращение или затруднение доступа к информации законных пользователей. Информация ограниченного доступа охватывает как сведения, отнесенные к государственной тайне, так и сведения конфиденциального характера [3].

Следует подчеркнуть, что Перечень сведений конфиденциального характера определен в Указе Президента Российской Федерации от 6 марта 1997 г. № 188 [4]. Данный Перечень содержит семь групп такой информации, включая:

- персональные данные;
- служебные сведения, доступ к которым ограничен органами государственной власти в соответствии федеральными законами;
- сведения, связанные с профессиональной деятельностью, доступ к которым ограничен в соответствии с Конституцией Российской Федерации и федеральными законами.

Требования к защите информации могут применяться для защиты общедоступной информации, содержащейся в государственных информационных системах, для достижения целей, указанных в п. 1 и 3 ч. 1 ст. 16 Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

Во-вторых, вряд ли положение Приложения № 4 об обеспечении полноты, целостности и достоверности служебной информации ограниченного распространения в системах подготовки, учета, хранения и обработки данных и документов по смыслу и объему соответствует законодательному положению об обеспечении защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации. В стандарте ГОСТ Р 50922-2006.4.2 цель защиты информации – это заранее намеченный результат защиты информации (например, результатом защиты информации может быть предотвращение ущерба обладателю информации из-за возможной утечки информации и (или) несанкционированного и непреднамеренного воздействия на нее). Неправомерным становится доступ, который осуществляется без разрешения ее законного владельца и в нарушение определенного законодательством порядка. «Владелец может установить ограничения доступа посредством правовых, организационных, технических мер» [5, с. 163]. В-третьих, целями защиты служебной информации в МЧС России определено предотвращение неправомерного (случайного) доступа неуполномоченных должностных лиц к служебной информации ограниченного распространения. В приведенное положение не вписывается такой смоделированный случай, который может иметь место в действительности. Например, сотрудники сторонней организации в ходе ремонта или аудита информационной безопасности, действуя строго по инструкции и внутренним документам, при выполнении предусмотренных программой ремонта или испытаний случайно ознакомились с содержанием неочищенных носителей, на которых была записана конфиденциальная информация. При этом действовали они правомерно и имели полномочия на ремонт или исследования. Сравнение рассматриваемых

положений с похожими нормами документов других государственных органов показывает, что в руководящих документах ряда министерств и ведомств (например, Минюста России, Следственного комитета России, Федерального агентства связи и др.) целями защиты является не только предотвращение неправомерного или случайного доступа к служебной информации, но и, что наиболее важно, предотвращение утечки, хищения служебной информации по техническим каналам, а также несанкционированного уничтожения, искажения, подделки, копирования, распространения, блокирования служебной информации в системах информатизации. Такой подход точнее отражает заранее намеченный результат защиты информации и реализацию законодательных норм.

Средства электронно-вычислительной техники (ЭВТ) включают в себя средства сбора, обработки, регистрации, отображения информации и передачи данных. Они обеспечивают хранение, переработку и документирование информации [6]. В качестве видов внутренней памяти специалисты выделяют оперативную, постоянную, полупостоянную, кэш-память и видеопамять [7, с. 260]. Основным элементом средств ЭВТ являются электронно-вычислительные машины, которые обеспечивают накопление, хранение и автоматическую обработку данных, циркулирующих в автоматизированных системах (АС). Техническую основу АС также составляют средства оргтехники, средства обеспечения и контрольно-диагностические средства, обеспечивающие нормальное функционирование технических средств в требуемых режимах. К средствам оргтехники относятся аппараты факсимильной связи, электронные печатающие устройства, устройства размножения, проекционные установки, редакционно-издательское и другое оборудование обработки документов. Для защиты информации важным является рассмотрение вопроса защиты носителей, содержащих служебную информацию ограниченного распространения. Поэтому вопрос о защите носителей информации имеет практическое значение. Рассмотрим его подробнее с учетом анализа ведомственной терминологии. В государственных информационных системах, в том числе МЧС России, применяются различные типы сертифицированных носителей информации, которые как и информация, и информационный процесс являются объектом защиты информации.

Широкое распространение получили съемные и несъемные носители на магнитной, оптической и бумажной основе. Носители данных имеют разную емкость и скорость. К ним относятся кэш-память, динамическая оперативная память (DRAM) или основная память; магнитная лента и магнитный диск; оптические диски, такие как CD, DVD и Blu-Ray диски; флэш-память и различные итерации встроенной памяти. Происходит быстрая эволюция аппаратных технологий хранения данных, включая NVM с байтовой адресацией (Intel Optane DCPMM), твердотельные накопители со сверхнизкой задержкой (Intel Optane SSD, Samsung ZSSD), твердотельные накопители NVMe с более быстрыми соединениями PCIe (Gen 4 и Gen 5), и расширение постоянной памяти на основе CXL [8, с. 589].

К современным устройствам хранения относят твердотельные накопители на основе флэш-памяти (Solid State Drives), память на основе фазового перехода (PCM) и 3D Xpoint [9], а также магниторезистивную память MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory). Эти устройства имеют ряд преимуществ по сравнению с классическими жесткими дисками, например, более низкое энергопотребление и более быстрое чтение и запись. Эти устройства имеют ряд преимуществ по сравнению с классическими жесткими дисками, например, более низкое энергопотребление и более быстрое чтение и запись. К основным типам носителей информации, используемых сегодня, относятся: жесткие диски (HDD), твердотельные накопители, оптические хранения и ленты. Жесткие диски широко используются для хранения в персональных компьютерах, серверах и корпоративных хранилищах систем, а твердотельные накопители уже достигают производительности и паритета цены с диском [10, с. 237]. Оптическое хранение данных популярно в потребительских товарах, таких как компьютерные игры и фильмы, а также используется в системах архивирования данных большой емкости.

Что такое носитель информации? В компьютерах носитель данных – это обычно физическое устройство, которое получает и сохраняет электронные данные для приложений и пользователей и делает данные доступными для поиска. В эпоху цифровой трансформации и стремительного развития информационных технологий носители информации также быстро видоизменяются. Носитель данных может находиться внутри компьютера или другого устройства или быть подключенным к системе извне (съёмный носитель информации, сменный носитель информации), напрямую или по сети. Любой носитель, такой как диск или лента, на котором могут храниться машиночитаемые данные. Ранние формы носителей информации включали компьютерную бумажную ленту с пробитыми в ней отверстиями. Каждая дыра соответствовала одному биту данных. Перфокарты также широко использовались на заре хранения данных и когда-то хранили большую часть мировой цифровой информации. Бумажная лента и перфокарты были вытеснены магнитной лентой, которая со временем уступила место магнитным гибким дискам. Жесткие диски (HDD) и твердотельные накопители (SSD) в настоящее время являются основными формами хранения. Наиболее доступными твердотельными накопителями являются одноуровневая ячейка (SLC), многоуровневая ячейка (MLC), трехуровневая ячейка (TLC). Носители, используемые в компьютерном хранилище, получают сообщения в виде данных с помощью программных команд от хост-системы. Тип носителя, необходимого для хранения данных, зависит от ценности данных для решения практических задач, применимых нормативных требований, требований к производительности и доступности и других факторов.

Понятие носитель информации не имеет легального определения. Носителем информации может быть любой материальный объект, в том числе физическое поле, в котором информация отображается в виде символов, образов, явлений или, например, технических решений и процессов. С созданием электронно-вычислительных машин появилась компьютерная информация. Сегодня широкое распространение получили электронные носители информации. К электронным носителям данных относятся, например, USB-накопители, чип-карты, твердотельные жесткие диски, флэш-память смартфонов и планшетных персональных компьютеров, карты памяти цифровых фотоаппаратов. Эти носители данных также подпадают под действие стандарта ISO/IEC 21964 (DIN 66399), в котором носитель информации определен как объект или элемент, содержащий данные. Это означает, что персональные данные на этих носителях должны быть уничтожены в соответствии с правилами защиты данных. Содержание термина проявляется в некоторых федеральных законах, из текста которых следует, что к видам носителей информации относятся материалы фото- и киносъемки, аудио- и видеозаписи, бумажные и машинные носители. Расширенное определение носителя информации содержится в п. 2.5.3 ГОСТ Р 50922–2006. В стандарте носитель защищаемой информации определяется весьма широко как физическое лицо или материальный объект, в том числе физическое поле, в котором информация находит свое отражение в виде символов, образов, сигналов, технических решений и процессов, количественных характеристик физических величин [11]. Схожее определение содержалось в выписке из Базовой модели угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных, утвержденной ФСТЭК России 15 февраля 2008 г. Носитель информации, согласно этой модели, – физическое лицо или материальный объект, в том числе физическое поле, в котором информация находит свое отражение в виде символов, образов, сигналов, технических решений и процессов, количественных характеристик физических величин. Согласно ГОСТ Р 7.0.8–2013 носитель документированной информации – это «материальный объект, предназначенный для закрепления, хранения (и воспроизведения) речевой, звуковой или изобразительной информации» [12].

Термин «носитель данных» может относиться к устройству хранения в целом или к отдельному компоненту, которые используются вместе с другой системой или является ее частью. Например, внутренние жесткие диски и твердотельные накопители в компьютерах обычно называются носителями данных, как и компакт-диски, но сам дисковод компакт-

дисков рассматривается как устройство хранения или система, а не как носитель данных. Носители, используемые в компьютерном хранилище, получают сообщения в виде данных с помощью программных команд от хост-системы. Тип носителя, необходимого для хранения данных, зависит от ценности данных для реализации технологического процесса, применимых нормативных требований, требований к производительности и доступности, других факторов.

Носитель данных может быть внутренним для вычислительного устройства, такого как твердотельный накопитель компьютера, или съемным устройством, таким как внешний жесткий диск или флэш-накопитель с универсальной последовательной шиной (USB). Существуют также другие типы носителей информации, включая магнитную ленту, компакт-диски (CD) и карты энергонезависимой памяти (NVM).

Хранилище организации часто классифицируется как первичное и вторичное. Первоначально основное хранилище относилось к данным, которые хранятся в памяти для быстрого извлечения процессором компьютера, а вторичное хранилище относилось к данным, хранящимся на энергонезависимых устройствах, таких как твердотельные накопители и жесткие диски.

В последнее время первичное хранилище стало обозначать любой тип памяти, который поддерживает повседневные рабочие нагрузки организации. Например, жесткие диски, твердотельные накопители или устройства памяти класса хранения (SCM), которые хранят данные для критически важных приложений, считаются основным хранилищем. Напротив, вторичное хранилище может относиться практически ко всему, включая оптические диски или ленточные системы, поддерживающие долгосрочное хранение данных.

В многоуровневых хранилищах используются автоматизированные программные политики для перемещения данных между различными типами хранилищ, такими как жесткие диски, твердотельные накопители и облачные платформы.

Термин «носитель данных» может относиться к устройству хранения в целом или к отдельному компоненту, который используется вместе с другой системой или является ее частью. Например, внутренние жесткие диски и твердотельные накопители в компьютерах обычно называются носителями данных, как и компакт-диски, но сам дисковод компакт-дисков рассматривается как устройство хранения или система, а не как носитель данных. Точно так же массив представляет собой полную систему хранения, состоящую из отдельных носителей данных. Массив часто отделен от сервера приложений и подключен к отдельному серверу, доступ к которому осуществляется через сеть. Массив может состоять из жестких дисков или твердотельных накопителей или может быть настроен в гибридной конфигурации, которая объединяет жесткие диски и твердотельные накопители в интегрированную систему, при этом жесткие диски обеспечивают уровень емкости, поддерживающий более быстрые твердотельные накопители.

Носители информации бывают разных форм: жесткие диски, флэш-память, твердотельные накопители или устройства памяти класса хранения (SCM), которые хранят данные для критически важных приложений, считаются основными типами первичной (оперативной) памяти. Классификация носителей информации представлена на рисунке. В качестве иной физической основы могут, например, использоваться фотографические носители. В некоторых жестких дисках используется однокатная магнитная запись (SMR) в качестве альтернативы обычной магнитной записи.



Рис. Классификация носителей информации

Ведущими производителями дисков на базе SMR являются Seagate, Western Digital и Toshiba. Метод SMR обеспечивает большую плотность записи, позволяя записывать данные на частично перекрывающиеся дорожки на диске. Диски SMR оптимально работают с постоянно записываемыми данными, такими как архивирование и резервное копирование на диск, но это может негативно сказаться на производительности для других типов рабочих нагрузок.

Жесткие диски представляют собой альтернативу большой емкости магнитным носителям информации, таким как ленты или гибкие диски и по-прежнему являются одним из основных носителей для устройств хранения резервных копий, активных архивов и долгосрочного хранения. Жесткие диски содержат металлические пластины, покрытые магнитным слоем. Пластины обычно непрерывно вращаются, когда компьютер включен, сохраняя данные в разных секторах магнитного диска. Дисковое устройство резервного копирования может также включать интерфейсы для репликации копий данных, таких как клоны и моментальные снимки, на третичные устройства или в гибридное облако. Недостатком жестких дисков является зависимость от движущихся внутренних механизмов, таких как приводы, двигатели и шпиндели, которые могут выйти из строя и повредить диск. Тем не менее жесткие диски остаются популярными в корпоративных дисковых массивах из-за их увеличивающейся емкости и возможности перезаписи данных на диск. В 2017 г. Western Digital Corp. представила HDD на 14 ТБ, что сделало его самым большим на рынке на тот момент. В 2019 г. компания Seagate Technology выпустила жесткий диск емкостью 16 ТБ, а в 2023 г. Western Digital был представлен самый быстрый HDD в мире емкостью 20 Тбайт и скоростью 582 Мбайт/с, достигнутой за счёт использования двух независимых блоков головок. Различают внутренние и внешние жесткие диски (HDD), внутренние и внешние твердотельные накопители (SSD), сетевые устройства хранения данных (NAS). Вторичная память может относиться практически ко всему, включая оптические диски или

ленточные системы, поддерживающие долгосрочное хранение данных. Сюда относят флеш-накопители и SSD-диски. SSD-диск – это полупроводниковый электронный носитель, который также называют твердотельным накопителем, построенный на микросхемах памяти. Особенностью SSD-диска является невозможность восстановления удаленной информации какими-либо специальными утилитами. Флеш-память один из наиболее популярных электронных носителей, который имеет полупроводниковую технологию и программируемую память. Востребованность флеш-памяти объясняется ее небольшими размерами, невысокой ценой, механической прочностью, приемлемым объемом, скоростью работы и низким потреблением энергии. Флэш-память не зависит от движущихся механических частей. Данные записываются на микрочипы, что значительно ускоряет операции хранения по сравнению с традиционными дисками. Однако необходимость стирания и перезаписывания данных целыми блоками оказывает определенное влияние на надежность устройства. Существует два основных типа флэш-накопителей: NAND и NOR. Названия определяются соответствующими логическими элементами, которые определяют фундаментальную архитектуру, лежащую в основе цифровых схем. Флэш-память NAND записывается и читается блоками, тогда как флэш-память NOR считывает и записывает байты независимо друг от друга. Оба типа применяются в самых разных устройствах. Флэш-память NOR, как правило, используется во встроенных системах, а также в планшетах и смартфонах. В некоторых случаях NOR служит заменой оперативной памяти (RAM) или дисков с постоянной памятью (ROM).

Карты памяти представляют собой компактное электронное запоминающее устройство, используемое для хранения цифровой информации. Современные карты памяти изготавливаются на основе флеш-памяти и других технологий. Карты памяти применяются в электронных устройствах, включая цифровые фотоаппараты, сотовые телефоны, ноутбуки, портативные цифровые аудиопроигрыватели.

Носители данных могут быть организованы несколькими способами в зависимости от требований рабочей нагрузки. Некоторые известные конфигурации включают в себя: резервный массив независимых дисков (RAID), сетевое хранилище (NAS) и сеть хранения данных (SAN). Эти конфигурации не являются взаимоисключающими. Например, SAN часто объединяет хранилище в конфигурации RAID. Избыточный массив независимых дисков (RAID: RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6, RAID 10 и др.) относится к технологии, предназначенной для настройки дисков. Используя эту технологию, пользователь может хранить данные в нескольких местах на устройстве. RAID содержит множество дисков в виде массива, что повышает общую производительность, устойчивость к ошибкам и увеличивает емкость хранилища с помощью методов зеркального отображения или чередования. RAID работает путем размещения данных на нескольких дисках и балансировки операций ввода-вывода (I/O) между этими дисками. RAID может улучшить производительность, отказоустойчивость или и то, и другое, в зависимости от конфигурации RAID. Если RAID настроен на отказоустойчивость, данные защищены в случае отказа диска. Использование нескольких дисков также увеличивает среднее время наработки на отказ (MTBF).

В российском федеральном законодательстве по защите информации и персональных данных применяются два термина по отношению к носителям информации: материальные носители информации и машинные носители персональных данных [13]. В нормативных правовых актах МЧС России для описания средств хранения информации используются различные термины: бумажные носители, средства вычислительной техники, перезаписываемые машинные носители информации, машинные носители информации, носители информации. При этом под электронным видом хранения информации понимается ее хранение в информационных системах персональных данных, на средствах вычислительной техники, а также на съемных магнитных, оптических и других цифровых носителях.

В Приложении № 4 (МЧС России) п. 8 процесс размножения (тиражирования) связан с носителями информации, содержащими служебную информацию ограниченного

распространения, а не с документами. В п. 2. Приложения № 3, утвержденным приказом МЧС России от 14 октября 2019 г. № 581, под термином «носитель информации» понимаются подлинники (копии) документов, баз данных и машинных носителей информации. В ряде аналогичных документов других органов исполнительной власти речь идет о размножении, тиражировании документов с ограничительной пометкой «ДСП», что более корректно и точно отражает содержание работ. Некорректно звучит и требование «копии носителей информации, содержащих служебную информацию ограниченного распространения, подлежат регистрации в учетных формах» (Приложение № 4), если, например, в качестве носителя информации рассматривать машинный носитель.

### Заключение

Анализ некоторых технических терминов, отражающих отдельные аспекты обращения со служебной информацией ограниченного распространения в МЧС России, показывает их недостаточную проработанность и корректность использования в контексте формирования ведомственных требований и положений о защите информации с использованием автоматизированных информационных систем.

Гармонизация терминологии на основе обобщения опыта организации защиты информации в других государственных органах позволит повысить эффективность защиты информации за счет более прицельного применения защитных мер.

*Статья подготовлена в рамках выполнения в 2023 г. прикладных научных исследований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по заказу МЧС России, регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР № 123030100009-7 от 1 марта 2023 г.*

### Список источников

1. Балашова А.А. Электронные носители информации и их использование в уголовно-процессуальном доказывании: дис. ... канд. юрид. наук. М., 2020. 216 с.
2. Об утверждении Положения о порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в федеральных органах исполнительной власти, уполномоченном органе управления использованием атомной энергии и уполномоченном органе по космической деятельности: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 нояб. 1994 г. № 1233 (в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 6 авг. 2020 г. № 1186) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2005. № 30. Ст. 3165.
3. Метельков А.Н. Конфиденциальная и служебная информация в МЧС России: модели описания информационных процессов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 92–99. EDN AABQQU.
4. Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера: Указ Президента Рос. Федерации от 6 марта 1997 г. № 188 (в ред. Указа Президента Рос. Федерации от 13 июля 2015 г. № 357) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1997. № 10. Ст. 1127.
5. Харламова А.А. Неправомерный доступ к компьютерной информации: толкование признаков и некоторые проблемы квалификации // Вестник Уральского юридического института МВД России. 2020. № 2. С. 162–167.
6. Об утверждении Руководства по технической эксплуатации и учету средств вычислительной и оргтехники в системе МЧС России: приказ МЧС России от 27 окт. 2009 г. № 613. URL: <https://base.garant.ru/70113592/> (дата обращения: 03.06.2023).
7. Лисиенкова Л.Н., Комарова Л.Ю. Обзор современных устройств хранения данных // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. № 7. С. 259–265. DOI: 10.24411/2071-6168-2020-00097.
8. Prism: Optimizing Key-Value Store for Modern Heterogeneous Storage Devices ASPLOS '23, March 25–29 / Yongju Song [et al.]. Vancouver, BC, Canada. 2023:588-602.

9. Carniel A.C., Aguiar C.D. d., Spatial Index Structures for Modern Storage Devices: A Survey, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2023:1-20. DOI: 10.1109/TKDE.2023.3242207.
10. Sumalatha Sriramoju. A Comprehensive Review on Data Storage. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology (IJSRST)*. Vol. 6. Iss. 5. P. 236–241.
11. ГОСТ Р 50922–2006. Защита информации. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006.
12. ГОСТ Р 7.0.8–2013. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. М.: Стандартинформ, 2019.
13. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ // *Собр. законодательства Рос. Федерации*. 2006. № 31. Ч. I. Ст. 3448.

## References

1. Balashova A.A. Elektronnyye nositeli informacii i ih ispol'zovanie v ugolovno-processual'nom dokazyvanii: dis. ... kand. jurid. nauk. M., 2020. 216 s.
2. Ob utverzhdenii Polozheniya o poryadke obrashcheniya so sluzhebnoj informaciej ogranichenogo rasprostraneniya v federal'nyh organah ispolnitel'noj vlasti, upolnomochennom organe upravleniya ispol'zovaniem atomnoj energii i upolnomochennom organe po kosmicheskoy deyatel'nosti: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 3 noyab. 1994 g. № 1233 (v red. postanovleniya Pravitel'stva Ros. Federacii ot 6 avg. 2020 g. № 1186) // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2005. № 30. St. 3165.
3. Metel'kov A.N. Konfidencial'naya i sluzhebnyaya informaciya v MCHS Rossii: modeli opisaniya informacionnyh processov // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2021. № 2. S. 92–99. EDN AABQQU.
4. Ob utverzhdenii perechnya svedenij konfidencial'nogo haraktera: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 6 marta 1997 g. № 188 (v red. Ukaza Prezidenta Ros. Federacii ot 13 iyulya 2015 g. № 357) // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 1997. № 10. St. 1127.
5. Harlamova A.A. Nepravomernyj dostup k komp'yuternoj informacii: tolkovanie priznakov i nekotorye problemy kvalifikacii // *Vestnik Ural'skogo juridicheskogo instituta MVD Rossii*. 2020. № 2. S. 162–167.
6. Ob utverzhdenii Rukovodstva po tekhnicheskoy ekspluatatsii i uchetu sredstv vychislitel'noj i orgtehniki v sisteme MCHS Rossii: prikaz MCHS Rossii ot 27 okt. 2009 g. № 613. URL: <https://base.garant.ru/70113592/> (data obrashcheniya: 03.06.2023).
7. Lisienkova L.N., Komarova L.Yu. Obzor sovremennyh ustrojstv hraneniya dannyh // *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. 2020. № 7. S. 259–265. DOI: 10.24411/2071-6168-2020-00097.
8. Prism: Optimizing Key-Value Store for Modern Heterogeneous Storage Devices *ASPLOS '23*, March 25–29 / Yongju Song [et al.]. Vancouver, BC, Canada. 2023:588-602.
9. Carniel A.C., Aguiar C.D. d., Spatial Index Structures for Modern Storage Devices: A Survey, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2023:1-20. DOI: 10.1109/TKDE.2023.3242207.
10. Sumalatha Sriramoju. A Comprehensive Review on Data Storage. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology (IJSRST)*. Vol. 6. Iss. 5. P. 236–241.
11. GOST R 50922–2006. Zashchita informacii. Osnovnye terminy i opredeleniya. M.: Standartinform, 2006.
12. GOST R 7.0.8–2013. Sistema standartov po informacii, bibliotechnomu i izdatel'skomu delu. Deloproduzvodstvo i arhivnoe delo. M.: Standartinform, 2019.
13. Ob informacii, informacionnyh tekhnologiyah i o zashchite informacii: Feder. zakon ot 27 iyulya 2006 g. № 149-FZ // *Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii*. 2006. № 31. Ch. I. St. 3448.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 03.06.2023; одобрена после рецензирования: 07.07.2023;  
принята к публикации: 10.07.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 03.06.2023; approved after review: 07.07.2023;  
accepted for publication: 10.07.2023

*Сведения об авторах:*

**Метельков Александр Николаевич**, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат юридических наук, e-mail: metelkov5178@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6113-8981>, SPIN-код: 5990-6833

**Уткин Олег Валерьевич**, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: utkin\_oleg@mail.ru, SPIN-код: 7991-7504

*Information about authors:*

**Metelkov Alexander N.**, associate professor of the department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of law, e-mail: metelkov5178@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6113-8981>, SPIN: 5990-6833

**Utkin Oleg V.**, senior lecturer, department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), e-mail: utkin\_oleg@mail.ru, SPIN: 7991-7504

Обзорная статья

УДК 004.056; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-95-105

## АЛГОРИТМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

✉ Буйневич Михаил Викторович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.

Ярошенко Александр Юрьевич.

Департамент информационных технологий и связи МЧС России, Москва, Россия

✉ [bmv1958@yandex.ru](mailto:bmv1958@yandex.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена вопросу формализации требований, предъявляемых к различным объектам и системам. Такая строгая запись требований позволит не только составлять их необходимый и достаточный набор, но и выбирать оптимальный порядок их выполнения – то есть решить задачу ранжирования. Для этого производится обзор релевантных научных публикаций российских ученых, в которых излагается точка зрения на формальный вид записи таких требований. Производится систематизация результатов обзора в табличном виде. Все года публикаций имеют диапазон в 15 лет, область применения требований представляет большое разнообразие от проектирования информационных систем и механических устройств в космических аппаратах до составления учебного расписания, а предлагаемые формы записи состоят от отдельных формул и текстовых описаний до полноценных моделей и языков программирования.

По результатам обзора сделаны соответствующие выводы: актуальность задачи (по крайней мере на протяжении 15 последних лет), отсутствие качественных решений, множество предлагаемых форм записи с небольшим преобладанием аналитических моделей и программных языков, слабая автоматизация по работе с требованиями. Делается вывод об отсутствии каких-либо решений, даже потенциально применимых для формирования системы требований по обеспечению информационной безопасности информационных систем в единой нотации. Обосновывается необходимость создания собственного математического инструментария как для единой формализации всех требований различного вида и назначения, так и для проведения над ними оптимизационных мероприятий по выбору перечня и порядка выполнения. В заключение указана новизна проведенного исследования, теоретическая и практическая значимость работы.

*Ключевые слова:* информационные системы, требования, формализация, форма записи, математический аппарат, информационная безопасность

**Для цитирования:** Буйневич М.В., Ярошенко А.Ю. Алгоритм многокритериального анализа текстовой информации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 95–105. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-95-105.

Review article

**ALGORITHM FOR MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF TEXT INFORMATION**

✉ Buinevich Mikhail V.

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.  
Yaroshenko Alexander Yu.****Department of information technologies and communications of EMERCOM of Russia,  
Moscow, Russia**✉ [bmv1958@yandex.ru](mailto:bmv1958@yandex.ru)

*Abstract.* The article is devoted to the problem of formalization of requirements for various objects and systems. Such a rigorous recording of requirements will allow not only to form their necessary and sufficient set, but also to choose the optimal order of their fulfillment – that is, to solve the problem of ranking. For this purpose, a review of relevant scientific publications of Russian scientists is carried out, in which the point of view on the formal form of recording such requirements is presented. The results of the review are systematized in tabular form. All years of publications have a range of 15 years, the field of application of requirements presents a great variety from design of information systems and mechanical devices in spacecraft to educational planning, and the proposed forms of recording consist of separate formulas and text descriptions to full-fledged models and programming languages.

According to the results of the review, appropriate conclusions are drawn, namely the following: the relevance of the problem (at least for the last 15 years), the lack of quality solutions, a multitude of proposed forms of record with a small predominance of analytical models and programming languages, poor automation of work with requirements. It is concluded that there are no solutions, even potentially applicable for the formation of a system of requirements for information security of information systems in a unified notation. The necessity of creation of own mathematical toolkit is substantiated both for unified formalization of all requirements of various types and purposes, and for carrying out optimization measures over them on the choice of the list and order of execution. In conclusion the novelty of the conducted research, theoretical and practical significance of the work are indicated.

*Keywords:* information systems, requirements, formalization, record form, mathematical apparatus, information security

**For citation:** Buinevich M.V., Yaroshenko A.Yu. Algorithm for multi-criteria analysis of text information // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 95–105. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-95-105.

**Введение**

Современные информационные системы (ИС) постоянно подвергаются атакам, целью которых является реализация угроз нарушения конфиденциальности, целостности и доступности ее информационных ресурсов [1, 2]. Для противодействия этому создается система обеспечения информационной безопасности (СОИБ), к которой предъявляются соответствующие требования, направленные на предотвращение вышеотмеченных нарушений. Однако современные нарушители используют все множества каналов атаки, включая сетевые (например, сниффинг), физические (например, несанкционированное проникновение в серверную), социальные [3] (например, выведывание пароля администратора средствами социальной инженерии) и др. [4]. Такое многообразие угроз приводит и к качественно разным типам требований, например, может потребоваться одновременно установка антивирусного программного обеспечения (ПО) на сервер, системы контроля и управления доступом (СКУД) в серверную, решеток на окна ее помещения и огнетушителей внутри и по периметру.

А исходя из очевидной сложности и многогранности любой ИС и обеспечивающих ее работоспособность и устойчивое функционирование средств (например, источников питания, обслуживающего персонала и т.п.), количество требований оказывается внушительным. Для выполнения каждого такого требования необходимо определенное количество ресурсов (например, финансовых или человеческих), оно имеет сроки выполнения, которые не всегда могут укладываться в допустимые (например, требуется согласование закупки средства защиты, его установка и настройка занимают длительное время), а также приводит к качественному или количественному результату (например, устанавливается новый брандмауэр [5], или закрываются порты на старом), что с неизбежностью ведет к некоторой внутренней коллизии (аналогично взаимодействию организмов живой природы [6–9]) требований в достижении единой цели СОИБ – обеспечению информационной безопасности ИС. И все это в условиях дефицита времени, кадров и средств. Отсюда возникает задача ранжирования требований, включая обоснованный выбор последовательности их выполнения [10, 11].

Решение указанной задачи усложняется следующими причинами. Во-первых, возможная противоречивость некоторых требований в принципе не позволит их выполнить напрямую (например, наличие решеток на окнах серверной, с одной стороны, не позволит туда попасть злоумышленнику, а с другой стороны, окажется препятствием для покидания помещения персоналом в случае пожара). Во-вторых, требования, если их рассматривать как некоторые математические множества  $X$  и  $Y$ , могут находиться в следующих отношениях: отсутствие пересечения – выполнение  $X$  не влияет на выполнение  $Y$ ; равенство – выполнение  $X$  автоматически приведет к выполнению  $Y$  и наоборот; собственное включение – выполнение  $X$  приведет к частичному выполнению  $Y$ , однако выполнение  $Y$  приведет к полному выполнению  $X$ ; пересечение (без их равенства и включения) – выполнение одного из  $X$  и  $Y$  приведет к частичному выполнению другого и наоборот. Ситуация окажется сложнее и менее предсказуема, когда в комбинировании участвуют несколько пересекающихся требований-множеств [12], потребляющих разные ресурсы и имеющих различные дедлайны (*от англ. deadline* – крайний срок выполнения), с учетом того, что совместное выполнение комбинаций группы требований будет приводить к выполнению других требований (например, что эффективнее – внедрить полноценную систему защиты информации от сетевых атак или установить несколько подсистем, обеспечивающих защиту в своих секторах?); а для выбора «идеального» их состава необходимо будет применять соответствующие оптимизационные методы. В-третьих, формулировка требований на различных понятийных аппаратах в принципе не позволит осуществлять какие-либо совместные логические операции (например, защита от сетевых атак может оперировать понятиями логических потоков и портов, а защита от проникновения – субъектами и характеристиками их физического перемещения в пределах контролируемой зоны). И, в-четвертых, следуя общепринятой практике, формирование и выбор требований часто ложится на плечи экспертов, которые в принципе не могут быть специалистами в различных областях (тех, к которым относятся угрозы ИС) [13] и, следовательно, при совмещении соответствующих требований могут быть допущены критические ошибки.

Исходя из вышеизложенных причин, для взаимоувязывания всех требований по обеспечению информационной безопасности ИС, а также определения рационального (в идеале – оптимального) состава и порядка их выполнения требуется создание некоторого формализованного вида, который позволит как записывать все разнородные требования в единой нотации, так и проводить над ними строгие (то есть лишенные влияния субъективизма) оптимизационные мероприятия, что и является задачей текущего исследования.

В интересах этого произведем аналитический обзор научных публикаций российских ученых на предмет различных подходов к формальной записи требований к различным

объектам и системам. Анализ результатов обзора позволит понять текущее состояние поставленной задачи и возможности по ее решению.

### Обзор релевантных работ

Для обзора работ, посвященных различным аспектам формализации требований, воспользуемся базой РИНЦ. Формализации требований посвящено множество работ – журнальных статей, диссертаций, монографий, научных отчетов, докладов на конференциях, патентов: согласно поисковому запросу в научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU – 10 341 (из 44 943 243 хранящихся в ней публикаций). Это говорит о значительном научном интересе к поднятому в статье вопросу и актуальности проводимого исследования. Произведем выборку 10 наиболее релевантных работ из найденных по поисковому запросу «формализация требований».

Статья Р.Д. Гутгард, Е.И. Провилкова [14] посвящена формализации функциональных требований, предъявляемых к ИС при их создании. В ней приводится анализ ряда соответствующих подходов, и делаются следующие выводы. Во-первых, применение языка UML позволит формализовать задачи для разработчиков ПО, вплоть до уровня формата входных и выходных параметров, а также алгоритмов их преобразования. Во-вторых, использование карты влияний (в англоязычной литературе – Impact Mapping) и карты историй (Story Mapping) позволит упростить сам процесс разработки функциональных требований. Суть первой карты заключается в определении цели проекта и анализе того, какие изменения необходимы для ее достижения, суть же второй – в организации, визуализации и приоритизации пользовательских историй (применяется, как правило, при разработке ПО). В-третьих, разработка требований должна быть в форме, понятной как пользователям (то есть находящимся с внешней стороны ПО), так и разработчикам (то есть находящимся с внутренней стороны ПО). Сама формализация требований имеет вид нескольких таблиц, например, содержащей алгоритмы обработки информации. Указывается, что данный подход подойдет для случая слабой взаимной зависимости требований. В-четвертых, применение шаблонов может также частично решить задачу формализации требований. Приводятся следующие примеры шаблонов (жирным шрифтом отмечены переменные): типичное требование – «**пользователь** имеет **возможность**»; ограничительное требование – «**пользователь** не попадает под действие **закона**», «**система** выполняет **функцию** не менее чем **число объектов**, функционируя в **условиях**»; периодически-ограничительное требование – «**система** выполняет **функцию** каждые **число единиц измерения периода**». В-пятых, классическим является документирование требований, для чего могут быть использованы следующие элементы: внешние и внутренние интерфейсы, бизнес-процессы и иная сложная логика, состояния системы и ее объектов, пользовательские задачи, нефункциональные показатели. И, в-шестых, рекомендуется строгое следование документу IEEE 830-1998, специфицирующему структуру и содержание документации с требованиями к ПО. Также в документе говорится о языках формализации требований, частично уменьшающих неоднозначность трактовки описаний на естественном языке. Авторы статьи предлагают следующую поэтапную последовательность формализации требований: 1) выявление информации о требованиях; 2) получение из информации формальных текстовых конструкций; 3) формирование функциональной части требований; 4) составление спецификации из атомарных действий.

Автор статьи М.В. Харлов [15] исследует проблему несоответствия между уровнем подготовки специалистов и предъявляемым к ним требованиями. Модель данной предметной области анализируется на предмет формализации таких требований (в виде уровней усвоения учебной информации). Предлагается графическая схема порядка формализации, состоящая из пяти следующих этапов, на каждом из которых присутствует от одного до нескольких параллельно выполняемых шагов: 1) анализ предметной области деятельности и нормативно-квалификационных документов; 2) создание информационной модели

предметной области; 3) определение весов связей в модели; 4) определение значимости уровней усвоения учебной информации; 5) формализация требований и их согласование.

Диссертация М.Л. Глухарева [16] ставит своей целью «повышение оперативности и полноты выявления недеklarированных возможностей в ограничениях целостности и триггерах реляционных баз данных». В интересах этого предлагается применять формализацию требований реляционных баз данных, для чего разрабатывается соответствующий научно-методический аппарат. Используемая для этого метамодель позволяет формировать требования двух классов – к состоянию и переходу. Каждое требование в метамодели характеризуется множеством таблиц –  $T$ , и конкретных столбцов –  $C$ . При этом требования к состоянию характеризуются множеством  $C$ , включающим только основные таблицы БД. Требования к переходу также характеризуются множеством  $T$ , но могут включать еще и псевдотаблицы с информацией о модифицированных строках. Также требование к переходу включает множество операций вставки/обновления/удаления строки, которые и активизируют переход.

Общие вопросы формализации требований, предъявляемых к ИС экономической сферы, рассматриваются в статье [17]. Указывается, что собственно задача формализации сводится к применению уже известных методик проектирования и управления требованиями в области ПО; однако подчеркивается, что такой подход впоследствии приводит к необходимости постоянной доработки разработанных программных средств. Указывается одна из основных причин – формирование требований к ИС в виде требований к параметрам ее объектов, а именно – невозможность составления списка таких параметров, которые бы не менялись за короткий промежуток времени. При этом требуется хранение «исторических» значений этих параметров, отражая тем самым динамичность реального мира, свойства которого они содержат. В качестве решения предлагается учесть такие изменения при создании спецификации, которые априори не должны быть фиксированными.

В статье В.В. Андреевой [18] для формирования требований к ПО предлагается использовать дивергентный подход, применяемый к квалификациям программистов. В его рамках вводится понятие «задача» в виде процесса разработки с неограниченным количеством применяемых решений, имеющего следующие компоненты: исходные данные –  $I$ , процесс получения результата –  $D$  и достижение цели –  $R$ . Каждый из компонентов может решаться как единственным вариантом (закрытый тип –  $C$ ), так и их множеством (открытый тип –  $O$ ). Путем некоторых комбинаций компонентов задач и вариантов решения (вида  $X_Y$ , где  $X$  – компонент,  $Y$  – вариант) вводятся несколько уровней знаний, умений и навыков разработчиков – ученический ( $I_C \rightarrow D_C \rightarrow R_C$ ), алгоритмический ( $I_C \rightarrow D_O \rightarrow R_C$ ), эвристический ( $I_O \rightarrow D_O \rightarrow R_C$ ), исследовательский ( $I_O \rightarrow D_O \rightarrow R_C + R_D$ , где  $R_D$  – новое, полученное в процессе деятельности) и творческий ( $I_O \rightarrow D_O \rightarrow R_O$ ). Указывается снижение эффективности ПО вследствие противоречивости предъявляемых к нему требований (например, уменьшения доступной для использования памяти при повышении общей производительности работы). Также упоминается и то, что ошибки в требованиях могут приводить к отказам ПО.

Похабов Ю.П. рассматривает вопрос формализации требований надежности, предъявляемых к механическим устройствам, применимым на космических аппаратах. Приводится большое разнообразие таких требований (массогабаритных, жесткость, прочность, стойкость к воздействиям и т.п.); при этом подчеркивается, что их выбор делается на основании квалификации и опыта экспертов, а также ряда «Best Practices». Для безотказного функционирования автор указывает на необходимость установки требований в виде качественных и количественных критериев. Трактовка надежности как непрерывной работоспособности детали, всесторонне испытанной перед и правильно используемой во время эксплуатации, закладывается в основу формализации требований [19].

Статья [20] посвящена задаче тестирования ПО, для чего необходимо формирование требований к его составу и функциональным возможностям. Подчеркивается важность формы изложения требований, поскольку она используется разработчиками при

непосредственном использовании языков программирования. В частности, формализация исходных данных (как основы требований) делает документ спецификации более понятным конечному пользователю-читателю. В качестве положительных сторон данного документа указывается использование диаграмм, логических условий и математических формул, а в качестве отрицательных – использование естественного языка. Перечисляются основные инструменты, позволяющие частично снизить недостатки получаемых требований: Unified Modeling Language (язык для визуализации и документирования объектно-ориентированных систем и бизнес-процессов), UNIMOD (система для применения аппаратной парадигмы программирования), SDL (язык для разработок систем на базе конечных автоматов), ДРАКОН (язык визуального моделирования, позволяющий одновременно разрабатывать продукты инженерам и программистам).

Авторы статьи [21] исследуют проблему оформления текстовых документов согласно заданным нормам, для чего определяют основные этапы алгоритма по формализации требований к ним. Суть алгоритма заключается в обработке текстового представления документа определенного стандарта, и всех на которые он ссылается, выявлении в стандартах требований к оформлению текстов, классификации структурных элементов документов (например, с применением машинного обучения), сопоставлении всех выявленных требований и элементов, систематизации и формализации результатов, а также создании итогового, уже программного алгоритма проверки по полученным результатам. Тем самым текстовое описание требований, собранное из множества стандартов и систематизированное по разделам посредством алгоритма, может быть переведено в соответствующее программное средство.

Статья [22] посвящена упрощению и ускорению производства деталей на металлорежущих станках путем концентрации операций – то есть обработки множества различных деталей на одном станке различными инструментами. Для этого требуется задание требований к геометрии деталей с прямыми цилиндрическими поверхностями в формализованном виде. Приведены три примера, в которых сопряжение присоединяемой детали к базовой возможно: 1) без переустановки и нарушения целостности; 2) с переустановкой, но без нарушения целостности; 3) с нарушением целостности (переустановка тут может не рассматриваться). Требования к сопрягаемой поверхности детали даются в формализованном виде с помощью системы математических функций поверхностей для каждого участка Z-оси станка и деталей. Проверка факта сопряжения для каждого из примеров осуществлялась путем исследования указанных функций по «классической» методике, изложенной в работе [23].

В статье [24] описывается формализация основной группы требований к учебному расписанию вузов в виде математических соотношений. В предлагаемую аналитическую модель, описывающую учебный процесс, вводятся следующие параметры (и их типы): группа (индекс) и ее студенты (число); группа (бинарная матрица); поток (матрица); аудитория (индекс), ее вместимость (число) и тип (перечисление); количество всех аудиторий (число); пара в неделю (порядковый номер) и их максимальное количество в день (число); преподаватели (индекс) и их общее количество (число); факт проведения преподавателем определенного занятия у подгруппы в аудитории. Затем выделяются четыре класса нормативно-ограничительных и внутривузовских требований: обязательные, важные, эффективностные и рекомендательные. Используя параметры модели, все указанные классы переводятся в формализованную форму (в статье рассматривается только первый класс). В рамках первого класса рассмотрены такие требования, как «Законодательные и нормативные ограничения» и «Ограничения, связанные с работой руководства вуза». Так, например, приводится запись требования о максимальной недельной загрузке студентов путем суммирования всех пар за неделю для всех подгрупп и преподавателей и сравнения результата с числом, указанным в образовательном стандарте и/или другом нормативном документе.

### Анализ результатов

Систематизируем результаты обзоров релевантных работ в табличном виде (табл.) и произведем их анализ по ряду параметров. Для этого, помимо названий статей и годов публикаций, будем указывать область применения требований, форму их записи (а в случае отсутствия – ключевые особенности) и степень автоматизации при составлении требований. В случае нескольких значений параметра в одной статье – укажем их через запятую.

Таблица

#### Систематизация результатов обзора релевантных работ

Ссылка	Год публикации	Предметная область	Форма/особенность записи	Степень автоматизации
[14]	2019	Проектирование ИС	Диаграмма Карта Таблица Текстовый шаблон Текстовое описание Частичная формализация	Средняя Низкая Низкая Средняя Низкая Средняя
[15]	2019	Подготовка специалистов	Информационная модель	Низкая
[16]	2011	Безопасность БД	Аналитическая модель	Высокая
[17]	2007	Экономическая сфера	Учет темпоральности	Средняя
[18]	2005	Разработка ПО	Схема, частичная формализация	Низкая
[19]	2012	Механические устройства (в космических аппаратах)	Качественные и количественные критерии	Низкая
[20]	2013	Тестирование ПО	Языки визуализации и визуального программирования. Аппаратная парадигма программирования. Язык разработки на базе конечных автоматов	Средняя Средняя Средняя
[21]	2021	Нормоконтроль документов	Ручная программная модель	Низкая
[22]	2015	Производство металлодеталей	Математические функции	Высокая
[24]	2019	Составление учебного расписания	Аналитическая модель	Средняя

Результаты анализа (табл.) позволяют сделать следующие предварительные выводы. Во-первых, у публикаций (с учетом того, что, согласно поисковой выдаче, они являются наиболее релевантными к запросу) разброс годов публикаций достаточно большой – от 2005 до 2019, то есть около 15 лет, что говорит о постоянной актуальности решаемой задачи. При этом какого-либо существенного изменения в данном «тренде» не наблюдается; всплеск интереса в 2019 г. (когда было опубликовано сразу три работы вместо одиночных или их отсутствия в другие годы) можно считать статистическим «выбросом»

(или совпадением). Во-вторых, затрагиваемые в статье области являются достаточно разнородными, хотя и с некоторым преобладанием сферы информационных технологий. Однако какого-либо единого или хотя бы обобщающего подхода как для формирования требований, так и для их записи обнаружено не было. В-третьих, применяемые или предлагаемые формы записи требований состоят из следующих: схемы различного рода, информационные и аналитические модели, категорирование, различные текстуальные и визуальные языки, базовая математическая логика и анализ; а в качестве особенностей записи можно отметить темпоральность (в части учета исторических изменений) и применение текстовых шаблонов. Отмечается некоторое преобладание аналитических моделей и программных языков, что, впрочем, нельзя считать «панацеей». И, в-четвертых, общую степень автоматизации при составлении требований в формализованной форме можно отметить как недостаточную: два подхода имеют высокий уровень, два – среднюю и семь – низкую. При этом подходы с высоким уровнем автоматизации (работы [3, 9]) относятся к узким областям применения.

### Заключение

Исходя из произведенного обзора, можно заключить, что предлагаемые подходы к формализации требований имеют, как правило, достаточно ограниченную область действия, высокую степень субъективности и с трудом поддаются применению строгих математических аппаратов. Как результат, ни один из них нельзя использовать для управления сложными процессами, состоящими из множества гетерогенных элементов – такими, как обеспечение информационной безопасности ИС. Таким образом, требуется создание нового подхода к формализации, по возможности учитывая озвученные выше наработки.

Новизной проведенного исследования можно считать «пионерскую» попытку сбора и анализа накопленного научного опыта по решению указанной задачи с целью создания единой модели, что отличает исследование от аналогичных, направленных сразу на решение практических задач своей области по формированию требований. Теоретическая значимость работы заключается в базовой систематизации релевантных работ с целью последующего сравнения. Практическая значимость, уступая теоретической, также присутствует и заключается в формировании некоторых предпосылок для создания будущего метода (и, возможно, его реализации в виде программного средства) по переводу требований в полностью формальный вид.

Продолжением исследования должно стать создание собственного математического инструментария как для единой формализации всех требований различного вида и назначения, так и для проведения над ними оптимизационных мероприятий по выбору перечня и порядка выполнения.

### Список источников

1. Цифровые технологии и проблемы информационной безопасности: монография / Т.И. Абдуллин [и др.]. СПб.: СПГЭУ, 2021. 163 с.
2. Защита информации в компьютерных системах: монография / М.В. Буйневич [и др.]. СПб.: СПГЭУ, 2017. 163 с.
3. Ярошенко А.Ю. Формирование требований к организациям для противодействия атакам на информационные ресурсы методами социальной инженерии // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. науч. статей X Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. СПб., 2021. С. 452–456.
4. Ярошенко А.Ю. Предпосылки к необходимости непрерывного ранжирования требований пожарной безопасности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2021. № 3 (35). С. 100–105.
5. Ярошенко А.Ю. Системный подход к внедрению и настройке межсетевых экранов в государственных информационных системах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций

- в науке и образовании: сб. науч. статей V Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. СПб., 2016. С. 551–554.
6. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Антропоморфический подход к описанию взаимодействия уязвимостей в программном коде. Ч. 1: Типы взаимодействий // Защита информации. Инсайд. 2019. № 5 (89). С. 78–85.
7. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Антропоморфический подход к описанию взаимодействия уязвимостей в программном коде. Ч. 2: Метрика уязвимостей // Защита информации. Инсайд. 2019. № 6 (90). С. 61–65.
8. Максимова Е.А. Аксиоматика инфраструктурного деструктивизма субъекта критической информационной инфраструктуры // Информатизация и связь. 2022. № 1. С. 68–74.
9. Максимова Е.А. Инфраструктурный деструктивизм субъектов критической информационной инфраструктуры: М.; Волгоград: Волгоградский гос. ун-т, 2021. 181 с.
10. Буйневич М.В., Ахунова Д.Г., Ярошенко А.Ю. Комплексный метод решения типовой задачи риск-менеджмента в инфологической среде (на примере ранжирования требований пожарной безопасности). Часть 1 // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петер. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 3. С. 88–99.
11. Буйневич М.В., Ахунова Д.Г., Ярошенко А.Ю. Комплексный метод решения типовой задачи риск-менеджмента в инфологической среде (на примере ранжирования требований пожарной безопасности). Часть 2 // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петер. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 78–89.
12. Ярошенко А.Ю. Ранжирование требований информационной безопасности для высокоприоритетных объектов организационной системы защиты // Информатизация и связь. 2022. № 5. С. 30–41.
13. Основные принципы проектирования архитектуры современных систем защиты / М.В. Буйневич [и др.] // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 3 (31). С. 51–58.
14. Гутгарц Р.Д., Провилков Е.И. О формализации функциональных требований в проектах по созданию информационных систем // Программные продукты и системы. 2019. № 3. С. 349–357.
15. Харлов М.В. Последовательность формализации требований к уровню подготовки специалистов // Дневник науки. 2019. № 8 (32). С. 15.
16. Глухарев М.Л. Метод верификации и анализа защищенности баз данных на основе формализации требований целостности: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: ПГУПС, 2011. 132 с.
17. Комиссаренко И.В., Кузнецов Р.В., Гуменюк Р.Р. Вопросы формализации требований к учетным информационным системам для хозяйственно-экономических задач // Российский экономический интернет-журнал. 2007. № 4. С. 34.
18. Андреева В.В. Формализация требований к проектированию программ и характеристикам программиста на основе дивергентного подхода // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер.: Технические науки. 2005. № 32. С. 29–32.
19. Похабов Ю.П. Подход к формализации требований надежности для механических устройств одноразового срабатывания космических аппаратов // Безопасность и живучесть технических систем: труды IV Всерос. конф. Красноярск, 2012. С. 192–196.
20. К вопросу о формализации требований к программному обеспечению в исходных данных / А.И. Бубенчиков [и др.] // Ракетно-космическая техника. 2013. Т. 1. № 1 (2). С. 5.
21. Алгоритм формализации требований к оформлению документов для сервиса автоматизированного нормоконтроля / Е.А. Кобец [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естественные и технические науки. 2021. № 7. С. 89–95.

22. Малышев Е.Н., Бысов С.А. Формализация требований к геометрии деталей, соединяемых вдоль оси симметрии // Южно-Сибирский научный вестник. 2015. № 4 (12). С. 18–22.

23. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1977. 640 с.

24. Хасухаджиев А.С.А. Формализация нормативных и общесистемных требований к учебному расписанию типового вуза // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9 (60). С. 36.

## References

1. Cifrovye tekhnologii i problemy informacionnoj bezopasnosti: monografiya / T.I. Abdullin [i dr.]. SPb.: SPGEU, 2021. 163 s.

2. Zashchita informacii v komp'yuternyh sistemah: monografiya / M.V. Bujnevich [i dr.]. SPb.: SPGEU, 2017. 163 s.

3. Yaroshenko A.Yu. Formirovanie trebovanij k organizacijam dlya protivodejstviya atakam na informacionnye resursy metodami social'noj inzhenerii // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: sb. nauch. statej X Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. SPb., 2021. S. 452–456.

4. Yaroshenko A.Yu. Predposylki k neobходимosti nepreryvnogo ranzhirovaniya trebovanij pozharnoj bezopasnosti // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2021. № 3 (35). S. 100–105.

5. Yaroshenko A.Yu. Sistemnyj podhod k vnedreniyu i nastrojke mezhsetevyh ekranov v gosudarstvennyh informacionnyh sistemah // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: sb. nauch. statej V Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. SPb., 2016. S. 551–554.

6. Bujnevich M.V., Izrailov K.E. Antropomorficheskij podhod k opisaniyu vzaimodejstviya uyazvimostej v programmnom kode. Ch. 1: Tipy vzaimodejstvij // Zashchita informacii. Insajd. 2019. № 5 (89). S. 78–85.

7. Bujnevich M.V., Izrailov K.E. Antropomorficheskij podhod k opisaniyu vzaimodejstviya uyazvimostej v programmnom kode. Ch. 2: Metrika uyazvimostej // Zashchita informacii. Insajd. 2019. № 6 (90). S. 61–65.

8. Maksimova E.A. Aksiomatika infrastruktornogo destruktivizma sub"ekta kriticheskoy informacionnoj infrastruktury // Informatizaciya i svyaz'. 2022. № 1. S. 68–74.

9. Maksimova E.A. Infrastrukturnyj destruktivizm sub"ektov kriticheskoy informacionnoj infrastruktury: M.; Volgograd: Volgogradskij gos. un-t, 2021. 181 s.

10. Bujnevich M.V., Ahunova D.G., Yaroshenko A.Yu. Kompleksnyj metod resheniya tipovoj zadachi risk-menedzhmenta v infologicheskoy srede (na primere ranzhirovaniya trebovanij pozharnoj bezopasnosti). Chast' 1 // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peter. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 3. S. 88–99.

11. Bujnevich M.V., Ahunova D.G., Yaroshenko A.Yu. Kompleksnyj metod resheniya tipovoj zadachi risk-menedzhmenta v infologicheskoy srede (na primere ranzhirovaniya trebovanij pozharnoj bezopasnosti). Chast' 2 // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peter. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 78–89.

12. Yaroshenko A.Yu. Ranzhirovanie trebovanij informacionnoj bezopasnosti dlya vysokoprioritetnyh ob"ektov organizacionnoj sistemy zashchity // Informatizaciya i svyaz'. 2022. № 5. S. 30–41.

13. Osnovnye principy proektirovaniya arhitektury sovremennyh sistem zashchity / M.V. Bujnevich [i dr.] // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2020. № 3 (31). S. 51–58.

14. Gutgarc R.D., Provilkov E.I. O formalizacii funkcional'nyh trebovanij v proektah po sozdaniyu informacionnyh sistem // Programmnye produkty i sistemy. 2019. № 3. S. 349–357.

15. Harlov M.V. Posledovatel'nost' formalizacii trebovanij k urovnyu podgotovki specialistov // Dnevnik nauki. 2019. № 8 (32). S. 15.

16. Gluharev M.L. Metod verifikacii i analiza zashchishchennosti baz dannyh na osnove formalizacii trebovanij celostnosti: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb.: PGUPS, 2011. 132 s.
17. Komissarenko I.V., Kuznecov R.V., Gumenyuk R.R. Voprosy formalizacii trebovanij k uchetyim informacionnym sistemam dlya hozyajstvenno-ekonomicheskikh zadach // Rossijskij ekonomicheskij internet-zhurnal. 2007. № 4. S. 34.
18. Andreeva V.V. Formalizaciya trebovanij k proektirovaniyu programm i harakteristikam programmista na osnove divergentnogo podhoda // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Tekhnicheskie nauki. 2005. № 32. S. 29–32.
19. Pohabov Yu.P. Podhod k formalizacii trebovanij nadezhnosti dlya mekhanicheskikh ustrojstv odnorazovogo srabatyvaniya kosmicheskikh apparatov // Bezopasnost' i zhivuchest' tekhnicheskikh sistem: trudy IV Vseros.j konf. Krasnoyarsk, 2012. S. 192–196.
20. K voprosu o formalizacii trebovanij k programmnomu obespecheniyu v iskhodnyh dannyh / A.I. Bubenshchikov [i dr.] // Raketno-kosmicheskaya tekhnika. 2013. T. 1. № 1 (2). S. 5.
21. Algoritm formalizacii trebovanij k oformleniyu dokumentov dlya servisa avtomatizirovannogo normokontrolya / E.A. Kobec [i dr.] // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Ser.: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2021. № 7. S. 89–95.
22. Malyshev E.N., Bysov S.A. Formalizaciya trebovanij k geometrii detalej, soedinyaemyh vdol' osi simmetrii // Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik. 2015. № 4 (12). S. 18–22.
23. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike dlya nauchnyh rabotnikov i inzhenerov. M.: Nauka, 1977. 640 s.
24. Hasuhadzhiev A.S.A. Formalizaciya normativnyh i obshchesistemnyh trebovanij k uchebnomu raspisaniyu tipovogo vuza // Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. № 9 (60). S. 36.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 29.08.2023; одобрена после рецензирования: 22.09.2023; принята к публикации: 24.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 29.08.2023; approved after review: 22.09.2023; accepted for publication: 24.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Буйневич Михаил Викторович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: [bmv1958@yandex.ru](mailto:bmv1958@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8146-0022>, SPIN-код: 9339-3750

**Ярошенко Александр Юрьевич**, начальник отдела организации защиты информации Департамента информационных технологий и связи МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1), e-mail: [alexagz@mail.ru](mailto:alexagz@mail.ru), SPIN-код: 8826-5683

*Information about authors:*

**Buinevich Mikhail V.**, professor of the department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: [bmv1958@yandex.ru](mailto:bmv1958@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8146-0022>, SPIN: 9339-3750

**Yaroshenko Alexander Yu.**, head of the information security organization division of EMERCOM of Russia (121357, Moscow, Vatutina str., 1), e-mail: [alexagz@mail.ru](mailto:alexagz@mail.ru), SPIN: 8826-5683

Научная статья

УДК 658; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-106-117

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКООЕМКОСТИ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГОСОБОРОНЗАКАЗА**

✉ **Зубова Людмила Витальевна.**

**Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия;**

**Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия.**

**Зубов Александр Олегович.**

**Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, Санкт-Петербург, Россия.**

**Чернышев Владимир Викторович;**

**Карпенко Кирилл Андреевич.**

**Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия**

✉ [zll@yandex.ru](mailto:zll@yandex.ru)

*Аннотация.* В процессе выполнения Гособоронзаказа, а именно при разработке и производстве вооружения, военной и специальной техники возникают условия различного уровня неопределенности, выступающие благоприятной средой для появления рискованных ситуаций и образования рискованных комбинаций. Все более актуальным становится определение рискованности рискованной ситуации (комбинации), в этой связи и разработки методики ее определения. Целью исследования является разработка методики определения рискованности этапов жизненного цикла Гособоронзаказа.

В статье рассматривается понятие рискованности с точки зрения систем различного уровня организации процессов разработки вооружения, военной и специальной техники, а также причины ее повышения на современном этапе обороноспособности государства. Особый интерес для изучения категории рискованности этапов создания вооружения, военной и специальной техники заключается в том, что с развитием технологий количество рисков, сопутствующих деятельности при разработке вооружения, военной и специальной техники, неуклонно возрастает, поэтому возникает необходимость сопоставлять располагаемые ресурсы и вероятность появления благоприятных и неблагоприятных последствий.

Новизна проводимого исследования состоит в авторском подходе к определению рискованности на различных этапах жизненного цикла вооружения, военной и специальной техники, представленном в виде методики определения рискованности этапов жизненного цикла Гособоронзаказа, основанного на сегментации условий выполнения Гособоронзаказа на рискованные и безрискованные процессы.

Практическая значимость результатов состоит в возможности оценивания рискованности создания вооружения на всех этапах его жизненного цикла, выработки на основе предлагаемой методики управленческих решений, направленных на недопущение рискованной комбинации и обеспечение устойчивого развития деятельности хозяйствующих субъектов с целью повышения успешности выполнения работ Гособоронзаказа.

*Ключевые слова:* риски, военная и специальная техника, результат, безопасность, эффективность, блок, этап, жизненный цикл, стадия

**Для цитирования:** Зубова Л.В., Зубов А.О., Чернышев В.В., Карпенко К.А. Методика определения рискованности этапов жизненного цикла Гособоронзаказа // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 106–117. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-106-117.

Research article

## **METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RISK INTENSITY OF STAGES OF THE LIFE CYCLE OF STATE DEFENSE ORDERS**

✉ **Zubova Lyudmila V.**

**Russian academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation, Moscow, Russia;**

**Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russia.**

**Zubov Alexander Olegovich.**

**Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev, Saint-Petersburg, Russia.**

**Chernyshev Vladimir Viktorovich;**

**Karpenko Kirill Andreevich.**

**Military space academy named after A.F. Mozhaisky, Saint-Petersburg, Russia**

✉ [zlll@yandex.ru](mailto:zlll@yandex.ru)

*Abstract.* In the process of fulfilling the State Defense Order, namely during the development and the production of weapons, military and special equipment, conditions of varying levels of uncertainty arise, which act as a favorable environment for the emergence of risk situations and the formation of risk combinations. Determining the risk intensity of a risk situation (combination) is becoming increasingly relevant, and in this regard, developing a methodology for its determination. The purpose of the study is to develop a methodology for determining the risk intensity of the stages of the life cycle of the State Defense Order.

The article examines the concept of risk intensity from the point of view of systems at various levels of organization of processes for the development of weapons, military and special equipment, as well as the reasons for its increase at the present stage of the state's defense capability. Of particular interest for studying the category of risk intensity of the stages of creating weapons, military and special equipment is that with the development of technology, the number of risks associated with the development of weapons, military and special equipment is steadily increasing, therefore there is a need to compare available resources and the likelihood of favorable and adverse consequences.

The novelty of the ongoing research lies in the author's approach to determining the risk intensity at various stages of the life cycle of weapons, military and special equipment, presented in the form of a methodology for determining the risk intensity of the stages of the life cycle of the State Defense Order, based on the segmentation of the conditions for fulfilling the State Defense Order into risky and risk-free processes.

The practical significance of the results lies in the possibility of assessing the risk intensity of creating weapons at all stages of their life cycle, production based on the proposed methodology for management decisions aimed at preventing risk combinations and ensuring sustainable development of the activities of business entities in order to increase the success of the implementation of the State Defense Order.

*Keywords:* risks, military and special equipment, result, safety, efficiency, unit, stage, life cycle, stage

**For citation:** Zubova L.V., Zubov A.O., Chernyshev V.V., Karpenko K.A. Methodology for determining the risk intensity of stages of the life cycle of state defense orders // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 106–117. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-106-117.

### **Введение**

На современном этапе с учетом условий проведения специальной военной операции все более актуальным становится оптимизация расходования денежных средств

на разработку вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) и оценивание уровня рискоустойчивости предприятий [1, 2]. Изучением рисков и рискоустойчивости в настоящее время занимаются как отечественные ученые [3–6], так и зарубежные [7–10]. В работе [11] авторами представлен подход к оцениванию и мониторингу рискоустойчивости системы управления инвестиционно-строительным проектом, который основан на комплексном учете рисков, что позволяет говорить об уровне устойчивости всей оцениваемой системы к рискам. В работе [12] представлена авторская методика прогнозирования стоимости процесса разработки образца вооружения, военной и специальной техники на основе проектного подхода с учетом неопределённости стоимостных данных, которая позволит производить расчеты по определению стоимости ВВСТ с учетом затрат вероятных рисков. Во всех случаях говорится о рисках этапов жизненного цикла процесса. В работе [13] особое внимание уделено тому, что в настоящее время внедряется рискориентированный подход к санкционированию оплаты денежных обязательств. Санкционирование оплаты представляет собой процесс утверждения или отклонения платежа, который осуществляется компанией в соответствии с ее процедурами и политикой.

В подсистеме управления расходами автоматизируется процесс отнесения денежных обязательств к группам рискоемкости операций, которые напрямую зависят от группы рискоемкости бюджетного обязательства [13]. В работе [14] проведен сравнительный анализ зарубежных стандартов риск-менеджмента, раскрыты особенности отечественных и зарубежных систем риск-менеджмента и проведено исследование возможностей минимизации рисков развития отечественных предприятий.

Таким образом, все более актуальным становится определение рискоемкости рискованной ситуации (комбинации) при прогнозировании начальной (максимальной стоимости) контракта и при реализации Гособоронзаказа (ГОЗ) и моделирование текущих процессов в режиме реального времени как в условиях определённости, так и в условиях неопределенности.

### **Методы исследования**

Экономико-математическое моделирование, статистический анализ, военно-экономический анализ, модели и методы математического прогнозирования, оптимизации процессов производства ВВСТ и методы обоснования военно-экономических решений в условиях неопределенности [15–18].

### **Методика определения рискоемкости этапов жизненного цикла ГОЗ**

При разработке ВВСТ реализуются следующие виды работ [15], схематично которые представлены на рис. 1 с учетом этапов жизненного цикла разработки ВВСТ и непосредственно самих участников разработки: заказчик; головная научно-исследовательская организация (ГНИО) по технологии, материаловедению и стандартизации ВВСТ; организация-разработчик изделия; организация-разработчик опытных изделий и организация-изготовитель серийных изделий. В этой связи автором и разработана методика определения рискоемкости этапов жизненного цикла ГОЗ при разработке ВВСТ.

Методика является инструментом для определения рискоемкости с целью корректировки планирующего решения в соответствии с расхождениями между прогнозируемыми и реальными показателями совокупной стоимости рискованной ситуации [15] и недопущения рискованной комбинации и ориентирована на устойчивое развитие деятельности хозяйствующих субъектов с целью повышения уровня успешности выполнения работ при повышении обороноспособности государства [16, 17].

В работе [18] автором предложен подход к сегментации условий реализации ГОЗ на рисковые и безрисковые условия, где на основе обзорного анализа определений риска представляется возможным производить мониторинг образующейся совокупной стоимости риска (СР).

Отличительной особенностью от существующих методик является то, что она позволяет производить мониторинг разновидностей этапов жизненного цикла разработки ВВСТ (табл.) с учетом стадий разработки и включает в себя следующие этапы:

- определение рискоемкости аванпроекта ( $Pe_{аванп.}$ );
- определение рискоемкости эскизного проекта ( $Pe_{эскиз.пр.}$ );
- определение рискоемкости разработки рабочей конструкторской документации на опытные изделия ( $Pe_{РКД}$ );
- определение рискоемкости изготовления и испытаний (предварительных и приемочных) опытных изделий ( $Pe_{испыт.}$ );
- определение рискоемкости подготовки документации на изделия серийного производства ( $Pe_{докум.}$ );
- определение рискоемкости подготовки и освоения серийного производства изделий ( $Pe_{сер.произ.}$ ).

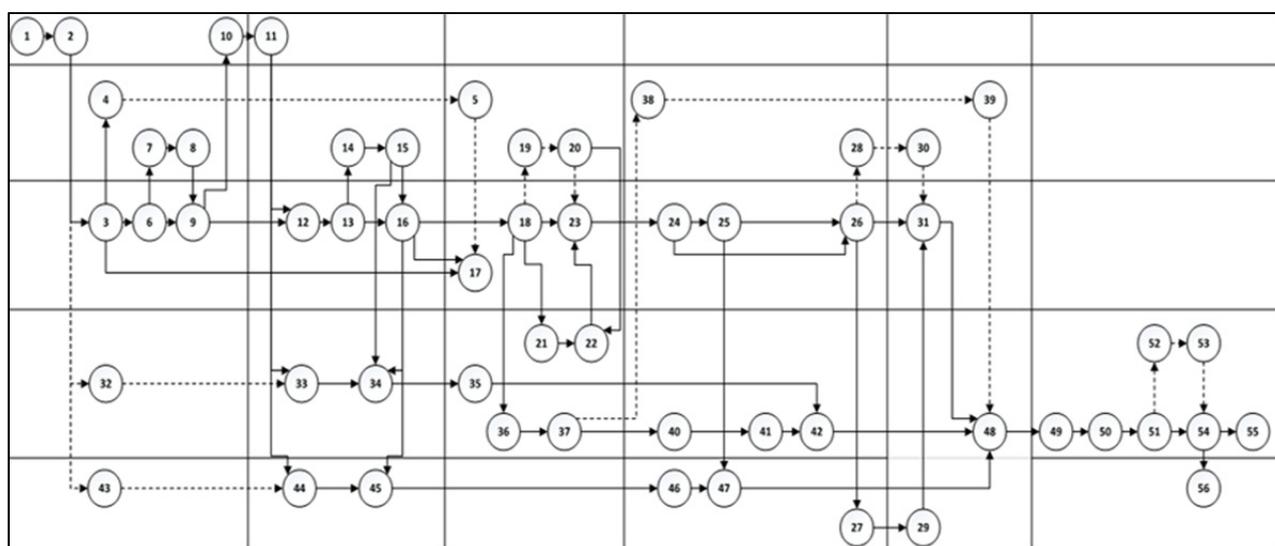


Рис. 1. Схема процессов взаимодействия участников при разработке ВВСТ [4]

Соответственно, к безрисковым условиям необходимо применение непрерывного мониторинга и оценивания уровня риска как для исполнителя, так и для заказчика. Важно понимать, что такое жизненный цикл рискованной ситуации и какова совокупная цена риска каждого этапа рискованной ситуации.

На основе данного определения [16] и представленных процессов как видов работ системы микро-уровня предлагается категория рискоемкости, представляющая собой единую системно-структурную и системно-функциональную целостность:

$$Pe_{PKT} = \frac{ЦР_{PKT} + I_{np.}}{СК}$$

Исходя из представленной на рис. 1 схемы методики оценивания рискоемкости этапов жизненного цикла ВВСТ, рискоемкость этапов жизненного цикла ВВСТ в стоимостной форме состоит из цены рисков каждого процесса ( $ЦР_{этап}$ ) и затрат на управленческие воздействия (ЗУ), затрат на превентивные мероприятия ( $Ц_{прев.}$ ) и издержек от последствий риска ( $I_p$ ), приходящуюся на стоимостную единицу собственного капитала (СК).

Включение в процесс принятия решения этапа оценивания рискоемкости ВВСТ как важнейшего элемента в управлении хозяйственными рисками позволяет повысить качество управленческих решений, так как решение, принятое только на основе результатов оценки эффективности последствий рисков относительно прогнозируемого риска, может быть качественным только при условии совпадения прогноза с реальными условиями рискованной ситуации, что практически недостижимо.

Таблица

## Этапы методики определения рискоемкости этапов жизненного цикла ГОЗ

№ этапа	Наименование этапа	Формула	Обозначения
1	Определение рискоемкости аванпроекта ( $Pe_{аванп}$ )	$Pe_{аванп} = \frac{ЦР_{аванп} + I_{пр \cdot аванп}}{СК_{ОПК \cdot аванп}}$	<p><math>ЦР_{аванп}</math> – цена рисков аванпроекта;</p> <p><math>I_{пр \cdot аванп}</math> – издержки прочие рисков аванпроекта;</p> <p><math>СК_{ОПК \cdot аванп}</math> – собственный капитал предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) на этапе выполнения аванпроекта.</p>
2	Определение рискоемкости эскизного проекта ( $Pe_{эскиз.пр.}$ )	$Pe_{эскиз.пр.} = \frac{ЦР_{эскиз.пр.} + I_{пр \cdot эскиз.пр.}}{СК_{ОПК \cdot эскиз.пр.}}$	<p><math>ЦР_{эскиз.пр.}</math> – цена рисков эскизного проекта;</p> <p><math>I_{пр \cdot эскиз.пр.}</math> – издержки прочие рисков эскизного проекта;</p> <p><math>СК_{ОПК \cdot эскиз.пр.}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на этапе выполнения эскизного проекта.</p>
3	Определение рискоемкости разработки рабочей конструкторской документации на опытные изделия ( $Pe_{РКД}$ )	$Pe_{РКД} = \frac{ЦР_{РКД} + I_{пр \cdot РКДн}}{СК_{ОПК \cdot РКДн}}$	<p><math>ЦР_{РКД}</math> – цена рисков разработки рабочей конструкторской документации на опытные изделия;</p> <p><math>I_{пр \cdot РКДн}</math> – издержки прочие рисков разработки рабочей конструкторской документации на опытные изделия;</p> <p><math>СК_{ОПК \cdot РКДн}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на разработки рабочей конструкторской документации на опытные изделия.</p>
4	Определение рискоемкости на этапе: 4.1. Изготовления	$Pe_{изгот} = \frac{ЦР_{изгот} + I_{пр \cdot изгот}}{СК_{ОПК \cdot изгот}}$	<p><math>ЦР_{изгот}</math> – цена рисков изготовления опытных изделий;</p> <p><math>I_{изгот.}</math> – издержки прочие рисков изготовления опытных изделий;</p> <p><math>СК_{ОПК \cdot изгот}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на этапе изготовления опытных изделий.</p>
	4.2. Предварительных и приемочных испытаний опытных изделий ( $Pe_{испыт.}$ )	$Pe_{испыт.} = \frac{ЦР_{исп} + I_{пр \cdot испыт.}}{СК_{ОПК \cdot испыт.}}$	<p><math>ЦР_{испыт.}</math> – цена рисков предварительных и приемочных испытаний опытных изделий;</p> <p><math>I_{пр \cdot испыт.}</math> – издержки прочие рисков предварительных и приемочных испытаний опытных изделий;</p> <p><math>СК_{ОПК \cdot испыт.}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на этапе предварительных и приемочных испытаний опытных изделий.</p>

№ этапа	Наименование этапа	Формула	Обозначения
5	Определение рискоемкости на этапе подготовки документации на изделия серийного производства ( $Pe_{докум.}$ )	$Pe_{докум.} = \frac{ЦР_{докум.} + I_{пр.докум.}}{СК_{ОПК.докум.}}$	<p><math>ЦР_{докум.}</math> – цена рисков подготовки документации на изделия серийного производства;</p> <p><math>I_{пр.докум.}</math> – издержки прочие рисков подготовки документации на изделия серийного производства;</p> <p><math>СК_{ОПК.докум.}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на этапе подготовки документации на изделия серийного производства</p>
6	Определение рискоемкости этапа подготовки и освоения серийного производства изделий ( $Pe_{сер.произ.}$ )	$Pe_{сер.произ.} = \frac{ЦР_{сер.произ.} + I_{сер.произ.}}{СК_{ОПК.сер.произ.}}$	<p><math>ЦР_{сер.произ.}</math> – цена рисков этапа подготовки и освоения серийного производства изделий;</p> <p><math>I_{сер.произ.}</math> – издержки прочие рисков этапа подготовки и освоения серийного производства изделий;</p> <p><math>СК_{ОПК.сер.произ.}</math> – собственный капитал предприятия ОПК на этапе этапа подготовки и освоения серийного производства изделий</p>
7	Определение рискоемкости разработки ВВСТ	$Pe_{роз.} = Pe_{аванпр.} + Pe_{эскиз.проект.} + Pe_{эскиз.РКД} + Pe_{изгот.изд.} + Pe_{подг.докум.} + Pe_{серийн.произ.}$	

Предлагаемые предложения при принятии решения на устранение или минимизацию риска при наращивании ВВСТ на основе управления хозяйственными рисками предполагает выработку рекомендаций, корректирующей деятельность, если принятое решение в процессе устранения или минимизации риска окажется не адекватным реально складывающимся условиям.

### Результаты исследования и их обсуждение

Предлагаемые практические предложения и рекомендации по повышению экономической эффективности производства ВВСТ на основе оценивания рискоемкости этапов жизненного цикла ВВСТ представляют собой усовершенствованную методику действий должностных лиц и базируются на принципах обеспечения релевантности и реализуемости управления хозяйственными рисками (рис. 2).

Полученные данные формируются в вспомогательную таблицу, в которую вводятся возможные ошибки в прогнозе развития рисков ситуации и соответствующие им корректирующие поправки. При поступлении данных о снижении рискоемкости вырабатываются корректирующие поправки в элементы решений, соответствующие расхождениям значений параметров реального и прогнозируемого течения рисков ситуации (рисковой комбинации).



Рис. 2. Схема реализации методики определения рискоемкости этапов жизненного цикла ГОЗ

### Заключение

Первоочередной задачей при оценивании рискоемкости создания вооружения и ВВСТ является создание системы поддержки принятия решений (СППР) в рискованных и безрисковых ситуациях (комбинациях), позволяющей производить мониторинг всех видов процессов (создания, развития блага или взаимодействия участников ГОЗ между собой) и реализуемых затрат в рамках выполнения ГОЗ.

СППР должна включать в себя:

- шифры процессов (создания, развития, взаимодействия) и шифры затрат, позволяющие формировать баланс между трудоемкостью и материалоемкостью (исследованиеемкостью, испытаниеемкостью и т.д.) с процессоёмкостью и рискоемкостью;

– научно-методический аппарат оценивания предельного уровня риска, рисков ситуации (комбинации) и экономической целесообразности мероприятий на ликвидацию или минимизацию рисков ситуации на любом этапе ее жизненного цикла, или приоритетнее – до ее возникновения;

– сборники Федеральных единичных расценок на работы по обеспечению обороноспособности и безопасности Российской Федерации (по аналогии с ФЕР-2020, утвержденные приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 26 декабря 2019 г. № 876/пр.); отсутствие данных сборников позволяют варьировать показателем трудоемкости с целью увеличения стоимости начальной цены ГОЗ в разы;

– программные продукты мониторинга и оценивания рискоустойчивости государства, систем и хозяйствующих субъектов, и моделирования процессов (создания, развития, испытания и т.д.) с целью нормирования трудоемкости по все возможным видам работ по обеспечению обороноспособности и безопасности Российской Федерации;

– программный продукт автоматизации технико-экономического обоснования с учетом сборников по нормативам трудоемкости и существующих данных по стоимости товаров;

– внедрение нормативов показателей трудоемкости научно-исследовательских и опытно-конструкторских видов работ по обеспечению обороноспособности и безопасности Российской Федерации в информационный ресурс, повышающий эффективность реализации мероприятий ГОЗ – Федеральный каталог продукции (переименовав его соответственно в Федеральный каталог продукции и процессов);

– создание нового Федерального каталога исполнителей, соисполнителей ГОЗ (в том числе заказчиков, ГНИО по метрологии, стандартизации и сертификации ВВСТ) с целью:

а) мониторинга данных, отраженных в бухгалтерском балансе исполнителей для оценивания и архивирования их уровней рискоустойчивости на всех этапах жизненного цикла ГОЗ;

б) мониторинга данных, не отраженных в бухгалтерском балансе исполнителей для определения их уровня способности к выполнению и в ходе ГОЗ в рискованных и безрисковых условиях с учетом риска участия в двух и более работах одновременно;

в) мониторинга государственных затрат и исполнителей (в том числе заказчиков, ГНИО по метрологии, стандартизации и сертификации ВВСТ) на процессы взаимодействия, протяженность которых зачастую увеличивается, что непосредственным образом влияет на увеличение себестоимости ВВСТ и уровень обороноспособности и безопасности Российской Федерации [1];

г) оценивания результатов последствий рискованных ситуаций и рискованных комбинаций с целью категорирования ситуаций по уровню их потенциальной опасности на успешность хода выполнения ГОЗ;

д) оценивания экономической эффективности каждого вида работы и управленческого решения на всех этапах их жизненных циклов с учетом их экономической целесообразности;

е) архивирования данных об уровнях деловой репутации исполнителей посредством шифрования результатов последствий рисков;

ж) рейтингования исполнителей посредством сопоставления показателей экономической эффективности выполнения работ предприятиями ОПК».

Таким образом, следует вывод, что:

– простая рискованная ситуация представляет собой реализацию одного вида риска в виде незначительного увеличения сроков выполнения в одном выполняемом виде работы;

– сложная рискованная ситуация представляет собой реализацию двух или трех видов риска в одном выполняемом виде работы;

– критическая рискованная ситуация представляет собой реализацию четырех видов риска в одном выполняемом виде работы.

Наличие двух или более рискованных ситуаций образует рискованную комбинацию [2]. Однотипная рискованная комбинация при выполнении ГОЗ представляет собой наличие рискованных ситуаций одного вида; подразделяются на: однотипные простые рискованные комбинации, однотипные сложные рискованные комбинации и однотипные критические рискованные комбинации [3, 4].

На основе анализа научной литературы в данном исследовании дается определение рискованности разработки ВВСТ как в целом, так и поэтапно, ее значения и возможных способов расчета. В работе проводится четкое разделение между факторами, составляющими риск-среду системы разработки ВВСТ макроуровня (жизненный цикл ВВСТ) и микроуровня (этапы жизненного цикла разработки ВВСТ), а также отмечается, что поведение различных систем микроуровня является взаимосвязанным и, следовательно, рефлексивным [4, 11]. В результате предлагается использовать в сфере определения рискованности относительно новый подход, основанный на определении для каждой системы совокупной стоимости риска, которая бы включала категории цены входящего риска (риск аппетит), толерантность к риску и емкость риска (рискованность ВВСТ). Такая схема методики определения рискованности наиболее точно позволяет отследить изменения внешней и внутренней среды систем макро и микроуровней и правильно реагировать на них.

### Список источников

1. Герасимов Б.И., Жариков В.В., Жариков В.Д. Основы логистики. М.: Инфра-М, 2010. 304 с.
2. Зубова Л.В., Петушков А.М. Методика принятия управленческих решений при разработке ракетно-космической техники в рамках выполнения Гособоронзаказа // Проблемы экономики и юридической практики. 2021. Т. 17. № 3. С. 22–28.
3. Зубова Л.В., Коровин Э.В., Никитин Ю.А. Методика категорирования потенциально опасных рисков системы технологического обеспечения разработки и производства ВВСТ // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 147–157.
4. Инновационный метод обоснования выбора проектировщика на основе оценивания рискоустойчивости при архитектурно-строительном проектировании / А.Н. Асташенко [и др.] // Вестник Российского нового университета. Сер.: Человек и общество. 2023. № 1. С. 66–76.
5. Воднев С.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Модель комплексной оценки процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 73–80. EDN YLLCZN.
6. Воднев С.А., Матвеев А.В. Многокритериальная система оценки эффективности управления техническим обеспечением аварийно-спасательных служб // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 72–80. EDN VJMTNU.
7. Raz T., Shenhar A.J., Dvir D. Risk management, project success, and technological uncertainty // R&d Management. 2002. Vol. 32. № 2. P. 101–109.
8. Ahmed A., Kayis B., Amornsawadwatana S. A review of techniques for risk management in projects // Benchmarking: An International Journal. 2007. Vol. 14. № 1. P. 22–36.
9. Wallace L., Keil M., Rai A. How software project risk affects project performance: An investigation of the dimensions of risk and an exploratory model // Decision sciences. 2004. Vol. 35. № 2. P. 289–321.
10. Cooper R.G. Managing technology development projects // IEEE engineering management review. 2007. Vol. 35. № 1. P. 67–76.
11. Методический подход оцениванию и мониторингу рискоустойчивости системы управления инвестиционно-строительным проектом / А.А. Цельковских [и др.] // Вестник Российского нового университета. Сер.: Человек и общество. 2023. № 1. С. 43–54.
12. Цельковских А.А., Никитин Ю.А., Зубов А.О. Методика прогнозирования стоимости процесса разработки образца вооружения, военной и специальной техники

на основе проектного подхода с учетом неопределённости стоимостных данных // Вестник Екатеринбургского института. 2022. № 3 (59). С. 59–65.

13. Ладоня С.Г. Оптимизация процесса санкционирования расходов. URL: [https://roskazna.gov.ru/upload/iblock/b78/Statya-nachalnika-otdela-raskhodov-UFK-po-Amurskoj-oblasti-S.G.-Ladoni\\_Optimizatsiya-protssesa-sanktsionirovaniya-raskhodov.pdf](https://roskazna.gov.ru/upload/iblock/b78/Statya-nachalnika-otdela-raskhodov-UFK-po-Amurskoj-oblasti-S.G.-Ladoni_Optimizatsiya-protssesa-sanktsionirovaniya-raskhodov.pdf) (дата обращения: 11.05.2023).

14. Бухтик М.И., Шаплыко А.И. Анализ зарубежного и отечественного опыта развития риск-менеджмента // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития: сб. науч. статей по материалам IV Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2020. С. 59–64. EDN MDIPJG.

15. Викулов С.Ф., Хрусталеv Е.Ю. Методологические основы и специфика военно-экономического анализа // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 7. С. 2–11.

16. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Техничко-экономические показатели планов развития продукции военного назначения. Принципы и методы обоснования. М.: Военный парад, 2006. 136 с.

17. Викулов С.Ф., Жуков Г.П. Военно-экономический анализ и исследование операций. М.: Воениздат, 1987. 440 с.

18. Зубов А.О., Зубова Л.В. Принятие управленческих решений в условиях неопределенности при выполнении гособоронзаказа и конкуренции посредством динамического моделирования между ключевыми структурными показателями деятельности хозяйствующих субъектов // Известия СПбГЭУ. СПб.: СПбГЭУ, 2019. № 1 (115). С. 97–100.

## References

1. Gerasimov B.I., Zharikov V.V., Zharikov V.D. *Osnovy logistiki*. M.: Infra-M, 2010. 304 s.
2. Zubova L.V., Petushkov A.M. Metodika prinyatiya upravlencheskih reshenij pri razrabotke raketno-kosmicheskoy tekhniki v ramkah vypolneniya Gosoboronzakaza // Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki. 2021. T. 17. № 3. S. 22–28.
3. Zubova L.V., Korovin E.V., Nikitin Yu.A. Metodika kategorirovaniya potencial'no opasnyh riskov sistemy tekhnologicheskogo obespecheniya razrabotki i proizvodstva VVST // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 1. S. 147–157.
4. Innovacionnyj metod obosnovaniya vybora proektirovshchika na osnove ocenivaniya riskoustojchivosti pri arhitekturno-stroitel'nom proektirovanii / A.N. Astashenko [i dr.] // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Ser.: Chelovek i obshchestvo. 2023. № 1. S. 66–76.
5. Vodnev S.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Model' kompleksnoj ocenki processa tekhnicheskogo obespecheniya avarijno-spatel'nyh sredstv podrazdelenij MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). S. 73–80. EDN YLLCZN.
6. Vodnev S.A., Matveev A.V. Mnogokriterial'naya sistema ocenki effektivnosti upravleniya tekhnicheskim obespecheniem avarijno-spatel'nyh sluzhb // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 72–80. EDN VJMTNU.
7. Raz T., Shenhar A.J., Dvir D. Risk management, project success, and technological uncertainty // R&d Management. 2002. Vol. 32. № 2. P. 101–109.
8. Ahmed A., Kayis B., Amornsawadwatana S. A review of techniques for risk management in projects // Benchmarking: An International Journal. 2007. Vol. 14. № 1. P. 22–36.
9. Wallace L., Keil M., Rai A. How software project risk affects project performance: An investigation of the dimensions of risk and an exploratory model // Decision sciences. 2004. Vol. 35. № 2. P. 289–321.
10. Cooper R.G. Managing technology development projects // IEEE engineering management review. 2007. Vol. 35. № 1. P. 67–76.
11. Metodicheskij podhod ocenivaniyu i monitoringu riskoustojchivosti sistemy upravleniya investicionno-stroitel'nyim proektom / A.A. Celykovskih [i dr.] // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Ser.: Chelovek i obshchestvo. 2023. № 1. S. 43–54.

12. Celykovskih A.A., Nikitin Yu.A., Zubov A.O. Metodika prognozirovaniya stoimosti processa razrabotki obrazca vooruzheniya, voennoj i special'noj tekhniki na osnove proektnogo podhoda s uchetom neopredelyonnosti stoimostnyh dannyh // Vestnik Ekaterininskogo instituta. 2022. № 3 (59). S. 59–65.

13. Ladonya S.G. Optimizaciya processa sankcionirovaniya raskhodov. URL: [https://roskazna.gov.ru/upload/iblock/b78/Statya-nachalnika-otdela-raskhodov-UFK-po-Amurskoy-oblasti-S.G.-Ladoni-\\_Optimizatsiya-protsesta-sanktsionirovaniya-raskhodov.pdf](https://roskazna.gov.ru/upload/iblock/b78/Statya-nachalnika-otdela-raskhodov-UFK-po-Amurskoy-oblasti-S.G.-Ladoni-_Optimizatsiya-protsesta-sanktsionirovaniya-raskhodov.pdf) (data obrashcheniya: 11.05.2023).

14. Buhtik M.I., Shaplyko A.I. Analiz zarubezhnogo i otechestvennogo opyta razvitiya risk-menedzhmenta // Perspektivnye nauchnye issledovaniya: opyt, problemy i perspektivy razvitiya: sb. nauch. statej po materialam IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ufa, 2020. S. 59–64. EDN MDIPJG.

15. Vikulov S.F., Hrustalev E.Yu. Metodologicheskie osnovy i specifika voenno-ekonomicheskogo analiza // Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika. 2014. № 7. S. 2–11.

16. Burenok V.M., Lavrinov G.A., Podol'skij A.G. Tekhniko-ekonomicheskie pokazateli planov razvitiya proizvodstva voennogo naznacheniya. Principy i metody obosnovaniya. M.: Voennyj parad, 2006. 136 s.

17. Vikulov S.F., Zhukov G.P. Voенно-ekonomicheskij analiz i issledovanie operacij. M.: Voenizdat, 1987. 440 s.

18. Zubov A.O., Zubova L.V. Prinyatie upravlencheskih reshenij v usloviyah neopredelennosti pri vypolnenii gosoboronzakaza i konkurencii posredstvom dinamicheskogo modelirovaniya mezhdru klyuchevymi strukturnymi pokazatelyami deyatel'nosti hozyajstvuyushchih sub"ektov // Izvestiya SPbGEU. SPb.: SPbGEU, 2019. № 1 (115). S. 97–100.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 17.06.2023; одобрена после рецензирования: 25.09.2023;  
принята к публикации: 29.09.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 17.06.2023; approved after review: 25.09.2023;  
accepted for publication: 29.09.2023

*Сведения об авторах:*

**Зубова Людмила Витальевна**, профессор кафедры экономики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (119571, Москва, пр. Вернадского, д. 82); профессор кафедры отраслевой экономики Санкт-Петербургского горного университета (199106, Санкт-Петербург, 21-линия ВО, д. 2), доктор экономических наук, e-mail: zll1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2345-2504>, SPIN-код: 2162-5563

**Зубов Александр Олегович**, преподаватель 11 кафедры (военно-политической работы в войсках (силах) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), e-mail: prlopa26@yandex.com, <https://orcid.org/0000-0004-2326-2588>, SPIN-код: 1356-0144

**Чернышев Владимир Викторович**, преподаватель 117 кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), e-mail: Vladimir85@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0023-2456-2421>, SPIN-код: 1136-0132

**Карпенко Кирилл Андреевич**, начальник учебной лаборатории Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), e-mail: kirill\_karpenko\_2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0044-3526-2434>, SPIN-код: 2136-5338

*Information about authors:*

**Zubova Lyudmila V.**, professor of the department of economics of the Russian academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation (119571, Moscow, Vernadsky ave., 82); professor of the department of industrial economics of Saint-Petersburg mining university (199106, Saint-Petersburg, 21-line VO, 2), doctor of economics, e-mail: zll1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2345-2504>, SPIN: 2162-5563

**Zubov Alexander O.**, teacher of the 11th department (military-political work in the troops (forces) Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev (199034, Saint-Petersburg, nab. Makarova, 8), e-mail: prlopa26@yandex.com, <https://orcid.org/0000-0004-2326-2588>, SPIN: 1356-0144

**Chernyshev Vladimir V.**, lecturer of the 117 department of the Military space academy named after A.F. Mozhaisky (197198, Saint-Petersburg, Zhdanovskaya str., 13), e-mail: Vladimir85@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0023-2456-2421>, SPIN: 1136-0132

**Karpenko Kirill A.**, head of the training laboratory of the Military space academy named after A.F. Mozhaisky (197198, Saint-Petersburg, Zhdanovskaya str., 13), e-mail: kirill\_karpenko\_2@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0044-3526-2434>, SPIN: 2136-5338

Научная статья

УДК 004.622; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-118-128

## АЛГОРИТМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

✉ **Вострых Алексей Владимирович;**

**Медведев Дмитрий Валерьевич.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия**

✉ [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)

*Аннотация.* Представлен авторский алгоритм многокритериального анализа текстовой информации, основная цель которого заключается в повышении эффективности работы экстренных служб, в том числе и МЧС России. Данный алгоритм основан на всесторонней оценке информации, поступающей из социальных сетей с помощью спектра различного вида исследований гетерогенных данных.

Разработанный алгоритм позволит ускорить сбор данных, оптимизировать их анализ, разработать сценарии превентивного характера для возможных происшествий, а также сократить расходы ресурсов, оптимизировать управленческие предложения и обосновывать принятые решения.

*Ключевые слова:* социальная сеть, прогнозирование происшествий, анализ данных, алгоритм, эффективность, текстовая информация

**Для цитирования:** Вострых А.В., Медведев Д.В. Алгоритм многокритериального анализа текстовой информации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 118–128. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-118-128.

Scientific article

## ALGORITHM FOR MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF TEXT INFORMATION

✉ **Vostrykh Alexey V.;**

**Medvedev Dmitry V.**

**Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia**

✉ [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)

*Abstract.* The article presents the author's algorithm for multi-criteria analysis of textual information, the main purpose of which is to increase the efficiency of emergency services, including the Ministry of Emergency Situations of Russia. This algorithm is based on a comprehensive assessment of information coming from social networks using a range of different types of heterogeneous data studies.

The developed algorithm will speed up data collection, optimize their analysis, develop preventive scenarios for possible incidents, as well as reduce resource costs, optimize management proposals and justify decisions made.

*Keywords:* social network, accident forecasting, data analysis, algorithm, efficiency, text information

**For citation:** Vostrykh A.V., Medvedev D.V. Algorithm for multi-criteria analysis of text information // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 118–128. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-118-128.

### Введение

Современные мегаполисы ежедневно сталкиваются с широким спектром происшествий различного характера и масштаба. От скорости реагирования на данные вызовы зависит как

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

степень их развития, так и ущерб во всех его аспектах [1, 2]. Одним из ведомств, занимающихся реагированием на чрезвычайные ситуации, является МЧС России. От технического и информационного обеспечения деятельности министерства зависит успех ликвидации происшествий, своевременное реагирование, а также выполнение превентивных мероприятий [3, 4].

В сегодняшнем мире цифровых технологий огромную роль играет информация, её точность и скорость получения, а также обработки. В настоящее время система МЧС России обладает множеством различных баз данных, получение, обработка и объединение которых могло бы составить единую централизованную сеть, способную анализировать, измерять разнообразную информацию о происшествиях [5, 6], в том числе об её концентрации и зависимостях, например, от территории поступления сигнала.

Обладая достоверными источниками данных, необходимо также иметь средство получения и анализа информации из них, которое позволит обрабатывать весь огромный массив, выделяя только тематически релевантную информацию и предоставляя её в удобном для анализа виде оператору.

В этих целях в настоящей статье представлен авторский алгоритм многокритериального анализа текстовой информации, применение которого в работе сотрудников МЧС России позволит значительно облегчить сбор большого количества данных, оптимизировать их анализ, разработать сценарии превентивного характера для возможных происшествий, а также сократить расходы ресурсов (временных, финансовых и др.), оптимизировать управленческие предложения, обосновывать принятые решения, основываясь на конъюнктуре большого числа параметров и математического аппарата.

### Методы исследования

Сложность анализа естественного языка заключается в том, что данные, подающиеся на вход, являются не структурированными, поэтому при анализе текстов возникают следующие проблемы:

- неоднозначность на уровне слов (некоторые слова имеют несколько значений);
- неоднозначность на уровне предложений (одно и то же слово может быть разными частями речи);
- флективность (изменение формы слова с помощью приставок, суффиксов, окончаний, также к этому относится падеж, число, род, время и вид);
- свободный порядок слов в предложении.

Для исключения выявленных проблем в предлагаемом алгоритме используются механизмы обработки естественного языка, которые состоят из графематического, морфологического, семантического, синтаксического и прагматического анализа текстовой информации.

Графематический анализ выделяет элементы структуры текста и является первым шагом при обработке естественного языка, в результате которого происходит декомпозиция текста на токены. Этапами проведения графематического анализа являются:

- сегментация текста на абзацы;
- сегментация каждого абзаца на предложения (основной сложностью данного этапа является то, что точки не всегда являются свидетельством об окончании предложения, например, инициалы, сокращение имени организации, название продукта через точку);
- сегментация предложений на слова. Для осуществления данного процесса существует несколько подходов: декомпозиция по пробелам, декомпозиция по знакам препинания, разделение на слова с полным удалением знаков препинания, деление на символы, разделение предложения на части слов (наиболее популярными алгоритмами являются Byte-Pair Encoding, WordPiece, Unigram и SentencePiece);
- приведение слов к нижнему регистру;
- удаление знаков препинания;

– удаление стоп-слов (как правило, это предлоги, союзы и т.д.).

Морфологический анализ представляет собой второй этап в обработке текста. Он позволяет определить морфологические характеристики для каждого из выделенных слов текста и определяет их нормальную форму (лемму).

Морфологический анализ обладает следующими ключевыми понятиями:

- словоформа (слово в тексте);
- лемма (словарная или каноническая форма слова);
- основа слова (грамматическая характеристика слова: время, род, часть речи, время и т.д.);
- лексема (набор всех форм одного слова).

Также на этапе морфологического анализа используется стемминг – каждое слово в тексте заменяется на основу слова. В некоторых случаях стемминг показывает лучшие результаты, чем при лемматизации, но на практике чаще всего применяется последняя, так как она сохраняет больше информации из текста. Процессу лемматизации присуща лексическая и морфологическая неоднозначность, которая выражается в том, что одному слову могут соответствовать несколько лемм. Данная задача решается на следующем этапе – при синтаксическом анализе. В программной реализации данного этапа на языке программирования «Python» чаще всего используются библиотеки «*rumorphy2*» и «*mystem*».

Синтаксический анализ позволяет снять неоднозначность, которая возникает на морфологическом уровне, дополняя его результаты и формируя «дерево разбора предложения» (структура, элементы которой связаны синтаксическими правилами). Основными способами построения дерева синтаксического разбора являются: деревья зависимостей и деревья составляющих. Вершинами дерева зависимостей являются слова, а дугами – связи (зависимости) между словами, корневой вершиной является глагол. Наиболее эффективными библиотеками, используемыми для синтаксического анализа, являются: «*sparCu*» и «*Natasha*».

Следующим уровнем анализа текста является семантический анализ, который служит переходом от структуры синтаксических связей к ее смысловой интерпретации. На вход данного этапа подается синтаксическая структура текста, представленная в виде деревьев разбора, а на выходе формируется множество семантических структур, построенных в соответствии с принятой формальной нотацией (семантической моделью).

Завершающим этапом анализа текстов является прагматический анализ, который по своей структуре и методам похож на семантический. Принципиальной разницей между ними является то, что семантический анализ представляет собой процесс извлечения смысла текста на основе некоторой модели знаний, а прагматический анализ выходит за рамки моделей о предметной области и зачастую опирается на экстралингвистические факторы, такие как намерения автора, социальный контекст высказывания и т.д.

Предлагаемый в настоящем параграфе алгоритм включает в себя все рассмотренные виды анализа текста и состоит из трех этапов:

Этап 1 – Фильтрация данных.

Этап 2 – Смысловой анализ данных (включает в себя графематический, морфологический и синтаксический анализ текста).

Этап 3 – Анализ уровня эмоциональной напряженности (включает в себя семантический и прагматический анализ текста).

На первом этапе производится фильтрация поступающих данных из социальных сетей по определенным параметрам, таким как: временной интервал публикации сообщений, геопозиция автора, геопозиция места происшествия, фильтрация по тегам и т.д.

На втором этапе отобранные данные с первого этапа анализируются по смысловой нагрузке – производится поиск сообщений, по ключевым словам и словосочетаниям с целью составления выборки, например, по определенному происшествию.

На третьем этапе собранные данные анализируются по уровню эмоциональной нагрузки, выделяются сообщения с повышенной эмоциональной насыщенностью.

Рассмотрим более подробно способы получения данных и информационные процессы на каждом этапе.

На первом этапе, при получении оператором МЧС России списка сообщений из подтвержденных источников социальных сетей о происшествиях, они отправляются в систему фильтрации по заданным критериям (время публикации  $\{P_{time}\}$ , геопозиции  $\{P_{lok}\}$ , тегам  $\{P_{teg}\}$  и т.д.):

$$\theta_{\{F\}}(\{P_{time}\}, \{P_{lok}\}, \{P_{teg}\}, \dots, \{P_n\}) = \begin{cases} A, \text{ если использован 1 критерий;} \\ B, \text{ если использован 2 критерий;} \\ C, \text{ если использован 3 критерий;} \\ \vdots \\ D \text{ другие варианты 4.} \end{cases} \quad (1)$$

После проведения фильтрации переходим на второй этап, где происходит сегментация текста на абзацы, затем на предложения и слова (токены). Полученные токены приводятся к нижнему регистру, удаляются знаки препинания и «стоп-слова». Затем слова приводятся к нормальной форме или к основе (лемматизация). Далее вычисляется ряд индикаторов, позволяющих ранжировать выделенные слова и словосочетания, а вместе с ними и сообщения:

1) индикатор дивергенции Кульбака-Лейблера [7] позволяет провести сравнение распределения терминов (реальное и теоретическое). Рассчитывается с помощью формулы:

$$Kl(z) = \sum_{x \in D} p_t(z, d) * \ln \left( \frac{p_t(z, d)}{p_n(d)} \right), \quad (2)$$

где  $z$  – реальное распределение термина;  $p_n$  – вероятность найти термин  $z$  во множестве исследуемых сообщений относительно длины определенного сообщения  $d$ , вычисляется с помощью формулы:

$$p_n(d) = \frac{N(d)}{\sum_{x \in D} N(x)},$$

где  $N(d)$  – сумма терминов в сообщении  $d$ ;  $\sum_{x \in D} N(x)$  – сумма терминов  $x$  во всем массиве сообщений  $D$ ;  $p_t(z, d)$  – вероятность появления термина  $z$  в документе  $d$ , вычисляется с помощью формулы:

$$p_t(z, d) = \frac{tf(z, d)}{F(z)},$$

где  $tf(z, d)$  – вероятность употребления термина  $z$  в сообщении  $d$ ;  $F(z)$  – вероятность употребления термина  $z$  в массиве сообщений  $D$ ;

2) индикатор информационной энтропии характеризует равномерность распределения термина по сообщению, вычисляется с помощью формулы:

$$Ie(z) = \sum_{d \in D} p_t(z, d) * \ln \left( \frac{1}{p_t(z, d)} \right). \quad (3)$$

Если данный показатель  $Ie(z) > 0$ , то термин равномерно представлен в коллекции документов, если  $Ie(z) = 0$ , то термин  $z$  встречается только в одном тексте или сообщении;

3) индикатор выделения общеупотребительных слов [8] демонстрирует отличие распределения терминов  $z$  в эталонном массиве. Индикатор вычисляется по формуле:

$$R(z) = \frac{p_e(z)}{p_k(z)}, \quad (4)$$

где  $p_e$  – относительная частота встречаемости термина в эталонном массиве;  $p_k$  – относительная частота встречаемости термина в Национальном корпусе русского языка.

Данный индикатор позволяет выделить большую часть общих слов, если они представлены на портале. Для общеупотребительных терминов индикатор имеет значение около 1, а для малоупотребительных  $\gg 1$ ;

4) индикаторы, основанные на распределении Бернулли [9], вычисляются с помощью сравнения реального распределения терминов в массиве с теоретическим распределением Бернулли по формулам:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_1(z) = \sum_{x \in D} Z_{risk,1}(z, x) \\ Z_2(z) = \sum_{x \in D} Z_{risk,2}(z, x) \\ Z_{risk,1}(z, d) = \frac{-\log_2 Prob_{norm}(z, d)}{tf(z, d) + 1} \\ Z_{risk,2}(z, d) = \frac{F(z)(-\log_2 Prob_{norm}(z, d))}{df(z)(tf(z, d) + 1)} \end{array} \right. , \quad (5)$$

где  $df(z)$  – количество документов в массиве, содержащих термин  $z$ ;  $Prob_{norm}$  рассчитывается по формулам:

$$\left\{ \begin{array}{l} Prob_{norm}(w, d) = \frac{Prob(w, d)}{\sum_{x \in D} Prob(w, d)} \\ Prob(w, d) = 2^{-\log_2 Prob_1(w, d)} \\ Prob_1(w, d) = B(N, F, X) = \left( \frac{F(w)}{tf(w, d)} \right) p^{tf(w, d)} q^{F(w) - tf(w, d)} \end{array} \right. ;$$

5) индикатор Флеша-Кинсайда [10] оценивает читабельность текста с помощью формулы:

$$FRE = 206,835 - 1,3 \left( \frac{a}{b} \right) - 60,1 * \left( \frac{c}{a} \right) , \quad (6)$$

где  $a$  – количество слов в документе;  $b$  – количество предложений в документе;  $c$  – количество слогов в документе.

Чем выше полученное значение, тем легче восприятие информации;

б) индикатор семантического алгоритма Гинзбурга [11] определяет семантическую близость двух терминов относительно их окружения в пределах сообщения. Индикатор вычисляется с помощью формулы:

$$ind(z|c) = \frac{N_{zc}N_t}{N_{tc}N_z} , \quad (7)$$

где  $N_{zc}$  – встречаемость термина  $z$  со словом  $c$ ;  $N_t$  – общее число терминов в массиве сообщений;  $N_{tc}$  – сумма терминов в окружении термина  $c$ ;  $N_z$  – встречаемость термина  $z$  в массиве сообщений.

Индекс значимости рассчитывается для всех терминов  $Z$ , встречающихся в определенном предложении  $C$ . Если  $ind(z|c) > 1$  – то данный показатель значим при расчёте. Индикатор связанности по Гинзбургу [11] определяет силу семантической связи между двумя словами. Рассчитывается на основе индексов значимости по формуле:

$$ginz(Z, C) = 1 - \frac{sum(Z) + sum_{razn} + sum(C)}{sum_{all}} , \quad (8)$$

где  $sum(Z)$  – сумма индексов значимости с термином  $Z > 1 \mid Z \notin C$ ;  $sum_{razn}$  – сумма абсолютных значений разностей индексов значимости в общей части;  $sum(C)$  – сумма

индексов значимости с термином  $C > 1 \mid C \notin Z$ ;  $sum_{all}$  – сумма всех индексов значимости больших 1.

Значения индикатора связанности по Гинзбургу лежат в интервале  $0 < ginz(Z, C) < 1$  (0 – слова не связаны, 1 – слова связаны максимально).

Далее, с помощью полученных значений производится отбор сообщений и текстов. Оператору представляется отфильтрованный список по требуемой теме. Результаты тематического поиска могут содержать большое число сообщений и текстов, с целью их сокращения и конкретизации под установленные задачи (например, срочность, неотложность) запускается третий модуль, основанный на оценке эмоциональности сообщений. Данный модуль позволяет выделить эмоционально насыщенные тексты и сообщения, которые могут свидетельствовать о критической ситуации, в которой находится автор. Полученные данные после ранжирования передаются оператору.

Для оценки уровня эмоционального напряжения (степени возбуждения автора в момент написания текста) используется набор маркеров  $\{M\} = \{m_1, \dots, m_n\}$ ,  $m_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  – отдельный маркер,  $n$  – мощность множества  $M$ ) [12–14]:

– соотношение количества глаголов к количеству существительных в единице текста  $M_{ver}$ ;

– соотношение количества глаголов к количеству прилагательных в единице текста  $M_{ve}$ ;

– соотношение суммы существительных и глаголов к сумме прилагательных и наречий в единице текста  $M_{vz}$ ;

– соотношение предлогов к общему количеству слов в единице текста  $M_p$ ;

– соотношение существительных и прилагательных к количеству глаголов и причастий в единице текста  $M_{pz}$ ;

– соотношение предлогов к общему количеству предложений в единице текста  $M_{pc}$ ;

– наличие ненормативных слов  $M_{an}$ ;

– количество слов в тексте  $M_q$ ;

– средний размер предложений  $M_s$ ;

– количество знаков восклицания в документе  $M_{at}$ ;

– наличие иконок с эмоциями  $M_{em}$ .

Также имеется список коэффициентов, которые наиболее сильно отражают эмоциональную возбужденность [15–17]:

– коэффициент агрессивности вычисляется с помощью следующей формулы (нормальное значение не превышает 0,6):

$$K_a = \frac{V+Vf}{\sum w}, \quad (9)$$

где  $V$  – количество глаголов;  $Vf$  – количество глагольных форм (причастий и деепричастий);  $\sum w$  – общее количество всех слов;

– коэффициент Трейгера вычисляется с помощью следующей формулы (оптимальное значение, близкое к единице):

$$K_t = \frac{V}{A}, \quad (10)$$

где  $A$  – количество прилагательных;

– коэффициент определенности действия, вычисляется с помощью следующей формулы (оптимальное значение, близкое к единице):

$$K_{oa} = \frac{V}{N_n}, \quad (11)$$

где  $N_n$  – количество существительных.

Данные маркеры и коэффициенты имеют общие характеристики при диагностировании, а именно: если их значения завышены, то у автора имеется эмоциональное беспокойство или волнение.

### Результаты исследования и их обсуждение

Перейдём к пошаговому описанию алгоритма:

Шаг 1 – Проведение фильтрации всего массива поступающих данных по времени публикаций, геопозиции, тега и т.д. с помощью формулы (1).

Шаг 2 – Выборка кандидатов  $N$  сообщений для анализа.

Шаг 3 – Сегментация текста на абзацы  $S_a$ .

Шаг 4 – Сегментация текста на предложения  $S_s$ .

Шаг 5 – Сегментация текста на слова  $S_w$ .

Шаг 6 – Приведение слов к нижнему регистру  $W_{lov}$ .

Шаг 7 – Удаление знаков препинания и стоп-слов  $W_{st}$ .

Шаг 8 – Проведение лемматизации  $W_{lem}$ .

Шаг 9 – Вычисление индикаторов.

Шаг 9.1 – Проведение сравнения распределения терминов в тексте с помощью дивергенции Кульбака–Лейблера  $Kl(z)$  по формуле (2).

Шаг 9.2 – Оценка равномерности распределения термина по сообщению с помощью информационной энтропии  $Ie(z)$  по формуле (3).

Шаг 9.3 – Выделение общеупотребительных слов  $R(z)$  с помощью формулы (4).

Шаг 9.4 – Вычисление ключевых терминов с помощью распределения Бернулли  $Z_n(z)$  по формуле (5).

Шаг 9.5 – Оценка читабельности текста с помощью индикатор Флеша-Кинсайда  $FRE$  по формуле (6).

Шаг 10 – Если проверены все сообщения переход на шаг 11, если нет, возврат к шагу 2.

Шаг 11 – Нормализация полученных значений индикаторов для вычисления единого значения по каждому кандидату.

Шаг 12 – Ранжирование полученных значений по каждому кандидату.

Шаг 13 – Инициализация терминов наивысшего ранга, как ключевые термины.

Шаг 14 – Формирование на основе ключевых терминов биграмм и триграмм.

Шаг 15 – Вычисление биграмм и триграмм.

Шаг 15.1 – Определение силы семантической связи между словами с помощью семантического алгоритма Гинзбурга  $ind(z|c)$  по формуле (7, 8).

Шаг 16 – Ранжирование полученных значений по каждому словосочетанию.

Шаг 17 – Выбор биграмм и триграмм с наивысшим значением ранга, присвоение им значения – ключевые.

Шаг 18 – Фильтрация полученных результатов с применением «стоп-слов».

Шаг 19 – Вывод ключевых слов и словосочетаний.

Шаг 20 – Оценка эмоциональной нагрузки сообщения (расчет значений маркеров).

Шаг 20.1 – Расчет соотношения количества глаголов к количеству существительных в единице текста  $M_{ver}$ .

Шаг 20.2 – Расчет соотношения количества глаголов к количеству прилагательных в единице текста  $M_{ve}$ .

Шаг 20.3 – Расчет соотношения суммы существительных и глаголов к сумме прилагательных и наречий в единице текста  $M_{vz}$ .

Шаг 20.4 – Расчет соотношения предлогов к общему количеству слов в единице текста  $M_p$ .

Шаг 20.5 – Расчет соотношения существительных и прилагательных к количеству глаголов и причастий в единице текста  $M_{pz}$ .

Шаг 20.6 – Расчет соотношения предлогов к общему количеству предложений в единице текста  $M_{pc}$ .

Шаг 20.7 – Проверка на наличие ненормативных слов  $M_{an}$ .

Шаг 20.8 – Вычисление количества слов в тексте  $M_q$ .

Шаг 20.9 – Вычисление среднего размера предложений  $M_s$ .

Шаг 20.10 – Вычисление количества знаков восклицания в документе  $M_{at}$ .

Шаг 20.11 – Определение наличия иконок с эмоциями  $M_{em}$ .

Шаг 20.12 – Определение коэффициента агрессивности  $K_a$  по формуле (9).

Шаг 20.13 – Определение коэффициента Трейгера  $K_t$  по формуле (10).

Шаг 20.14 – Определение коэффициента определенности действия  $K_{oa}$  по формуле (11).

Шаг 21 – Если проверены все тексты переход к шагу 22, если нет – возврат на шаг 19.

Шаг 22 – Нормализация полученных с помощью маркеров значений.

Шаг 23 – Ранжирование текстов и сообщений по эмоциональной нагрузке.

Шаг 24 – Вывод результатов оператору.

Конец алгоритма.

Схема алгоритма семантического, синтаксического и прагматического анализа текстовой информации представлена на рисунке.

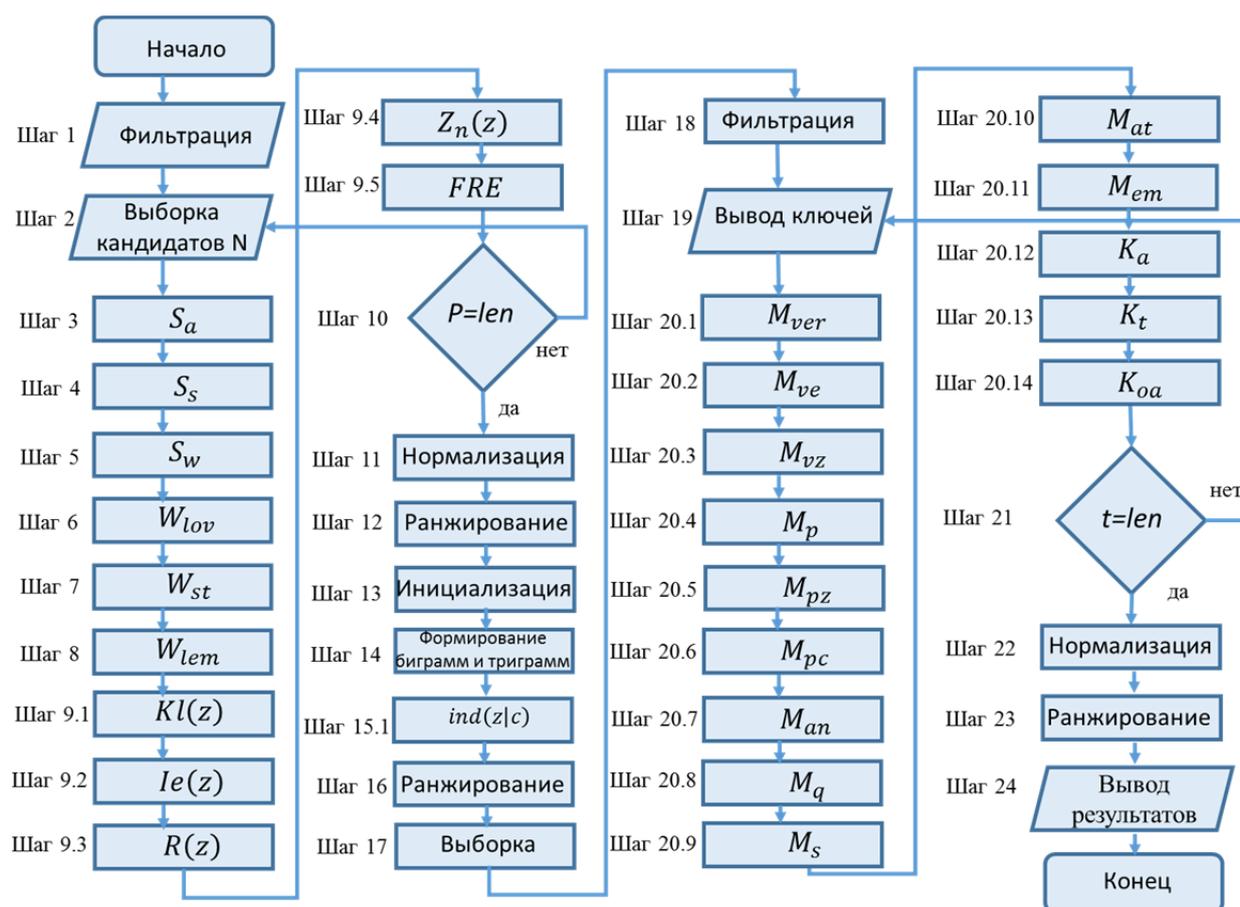


Рис. Схема алгоритма семантического, синтаксического и прагматического анализа текстовой информации

Таким образом, представленный в настоящей статье алгоритм многокритериального анализа текстовой информации позволяет провести оценку данных с помощью графематического, морфологического, синтаксического, семантического и прагматического анализа, что дает возможность облегчить сбор большого количества данных, оптимизировать их анализ, разработать сценарии превентивного характера для возможных происшествий природного и техногенного типа, а также сократить расходы ресурсов (временных, финансовых и др.), оптимизировать управленческие предложения, обосновывать принятые решения, основываясь на конъюнктуре большого числа параметров и математического аппарата.

### Заключение

Разработанный алгоритм многокритериального анализа текстовой информации позволит повысить эффективность работы экстренных служб, в том числе и МЧС России за счёт всесторонней оценки данных с помощью спектра механизмов, в которые входят графематический, морфологический, синтаксический, семантический и прагматический анализ.

В дальнейшем планируется разработка программного продукта на основе представленного в настоящей статье алгоритма, что позволит автоматизировать процесс обработки информации.

### Список источников

1. Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Компоненты специальной информационной технологии построения оптимальных маршрутов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018): сб. науч. статей VII Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2018. С. 213–218.
2. Воднев С.А., Матвеев А.В. Оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 2 (50). С. 110–117. EDN XDDTYZ.
3. Матвеев А.В., Максимов А.В., Попивчак И.И. Перспективные направления информационно-аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. 2015. № 2 (30). С. 113–117. EDN VMLYLY.
4. Matveev A., Maksimov A., Vodnev S. Methods improving the availability of emergency-rescue services for emergency response to transport accidents // Transportation Research Procedia. SPb.: Elsevier, 2018. P. 507–513. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.137. EDN: AWTRJK.
5. Вострых А.В. Модель описания пользователей социальных сетей // Актуальные проблемы математики и информационных технологий: сб. материалов IV Всерос. конф. с междунар. участием. 2023. С. 48–51.
6. Вострых А.В. Анализ эффективности информационных систем, используемых сотрудниками МЧС России // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации: сб. материалов Дней науки с междунар. участием, посвящ. 90-летию Гражданской обороны России. Екатеринбург, 2022. С. 62–66.
7. Rabinovich A.E., August A.V. Application of Big Data technology in the field of railway communication // Original research. 2021. Vol. 11. P. 155–161.
8. Taduri A. Railway assets: a potential area for big data analysis // Procedia Computer Science. 2015. Vol. 53. P. 457–467.
9. Eremenko K. Working with data in any field. How to reach a new level using analytics. M.: Alpina Publisher, 2019. 304 p.
10. Stevens-Davidovits, S. Everyone lies. Search engines, big data and the Internet know everything about you. M.: Eksmo, 2018. 384 p.
11. Gudovskikh D.V., Moloshnikov I.A., Rybka R.B. Analysis of emotivity of texts based on psycholinguistic markers with determination of morphological properties // Bulletin of the Vsu. series: linguistics and intercultural communication. 2015. № 3. P. 92–97.

12. Pang B., Lee L. Collecting opinions and analyzing moods // *Fundamentals and trends in the search for information*. 2008. Vol. 2. № 1/2. P. 543–561.
13. Leontiev A.A. *Fundamentals of psycholinguistics*. SENSE. 1997. 287 p.
14. Sadegh M. Collecting Opinions and sentiment Analysis: A Survey // In: *International Journal of Computers and Technologies*. 2012. P. 171–178.
15. Beigi G. Overview of sentiment analysis in social networks and its application in disaster relief // In: *Sentiment analysis and ontology development*. Springer. 2016. P. 313–340.
16. Mika V.M., Graziotin D., Kuutilla M. The evolution of sentiment analysis – an overview of research topics, venues and the most cited articles // In: *Computer Science Review* 27. 2018. P. 16–32.
17. Mikolov T. Distributed representations of words and phrases and their compositionality // In: *Achievements in the field of neural information processing systems*. 2013. P. 3111–3119.

## References

1. Vostryh A.V., Shurakova D.G. Komponenty special'noj informacionnoj tekhnologii postroeniya optimal'nyh marshrutov // *Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2018): sb. nauch. statej VII Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf.* 2018. S. 213–218.
2. Vodnev S.A., Matveev A.V. Ocenka effektivnosti reagirovaniya avarijno-spasatel'nyh sluzhb na chrezvychajnye situacii na transporte // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2019. № 2 (50). S. 110–117. EDN XDDTYZ.
3. Matveev A.V., Maksimov A.V., Popivchak I.I. Perspektivnye napravleniya informacino-analiticheskoj deyatel'nosti v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // *Geopolitika i bezopasnost'*. 2015. № 2 (30). S. 113–117. EDN VMLYLY.
4. Matveev A., Maksimov A., Vodnev S. Methods improving the availability of emergency-rescue services for emergency response to transport accidents // *Transportation Research Procedia*. SPb.: Elsevier, 2018. P. 507–513. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.137 EDN: AWTRJK.
5. Vostryh A.V. Model' opisaniya pol'zovatelej social'nyh setej // *Aktual'nye problemy matematiki i informacionnyh tekhnologij: sb. materialov IV Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem*. 2023. S. 48–51.
6. Vostryh A.V. Analiz effektivnosti informacionnyh sistem, ispol'zuemyh sotrudnikami MCHS Rossii // *Aktual'nye problemy obespecheniya bezopasnosti v Rossijskoj Federacii: sb. materialov Dnej nauki s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 90-letiyu Grazhdanskoj oborony Rossii*. Ekaterinburg, 2022. S. 62–66.
7. Rabinovich A.E., August A.V. Application of Big Data technology in the field of railway communication // *Original research*. 2021. Vol. 11. P. 155–161.
8. Taduri A. Railway assets: a potential area for big data analysis // *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 53. P. 457–467.
9. Eremenko K. Working with data in any field. How to reach a new level using analytics. M.: Alpina Publisher, 2019. 304 p.
10. Stevens-Davidovits, S. Everyone lies. Search engines, big data and the Internet know everything about you. M.: Eksmo, 2018. 384 p.
11. Gudovskikh D.V., Moloshnikov I.A., Rybka R.B. Analysis of emotivity of texts based on psycholinguistic markers with determination of morphological properties // *Bulletin of the Vsu. series: linguistics and intercultural communication*. 2015. № 3. P. 92–97.
12. Pang B., Lee L. Collecting opinions and analyzing moods // *Fundamentals and trends in the search for information*. 2008. Vol. 2. № 1/2. P. 543–561.
13. Leontiev A.A. *Fundamentals of psycholinguistics*. SENSE. 1997. 287 p.
14. Sadegh M. Collecting Opinions and sentiment Analysis: A Survey // In: *International Journal of Computers and Technologies*. 2012. P. 171–178.
15. Beigi G. Overview of sentiment analysis in social networks and its application in disaster relief // In: *Sentiment analysis and ontology development*. Springer. 2016. P. 313–340.

16. Mika V.M., Graziotin D., Kuutila M. The evolution of sentiment analysis – an overview of research topics, venues and the most cited articles // In: Computer Science Review 27. 2018. P. 16–32.

17. Mikolov T. Distributed representations of words and phrases and their compositionality // In: Achievements in the field of neural information processing systems. 2013. P. 3111–3119.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 29.06.2023; одобрена после рецензирования: 22.07.2023; принята к публикации: 24.07.2023

**Information about the article:**

The article was submitted to the editorial office: 29.06.2023; approved after review: 22.07.2023; accepted for publication: 24.07.2023

*Сведения об авторах:*

**Вострых Алексей Владимирович**, преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN-код: 4788-4683

**Медведев Дмитрий Валерьевич**, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: [meedvedevdv@mail.ru](mailto:meedvedevdv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0002-9436-4376>

*Information about authors:*

**Vostrykh Aleksey V.**, lecturer, department of applied mathematics and information technology of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>, SPIN: 4788-4683

**Medvedev Dmitry V.**, associate professor of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: [meedvedevdv@mail.ru](mailto:meedvedevdv@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0002-9436-4376>

---

---

## ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

---

---

Аналитическая статья

УДК 614.842.83.07/.08; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-129-136

### **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В МЕСТНЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ГАРНИЗОНАХ**

✉ Корнейчук Кристина Андреевна;

Лоран Николай Михайлович;

Гилек Сергей Александрович.

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Железногорск, Россия

✉ [korneychuk@sibpsa.ru](mailto:korneychuk@sibpsa.ru)

*Аннотация.* Проанализированы вопросы, связанные с качеством прохождения оперативной информации в пожарно-спасательных гарнизонах. Рассмотрены существующие технологические решения и предложены рекомендации по повышению эффективности обмена оперативной информацией. Даны рекомендации, учитывающие применение современных информационных технологий, включающие ведущие тенденции цифровой трансформации. Определены этапы автоматизации основных процессов информационного обмена пожарно-спасательных гарнизонов пожарной охраны.

*Ключевые слова:* цифровизация, единая информационная система, пожарная охрана, управление, Индустрия 4.0

**Для цитирования:** Корнейчук К.А., Лоран Н.М., Гилек С.А. Направления совершенствования оперативного обмена информацией в местных пожарно-спасательных гарнизонах // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 129–136. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-129-136.

Analytical article

### **DIRECTIONS FOR IMPROVING THE OPERATIONAL EXCHANGE OF INFORMATION IN LOCAL FIRE AND RESCUE GARRISONS**

✉ Korneychuk Christina A.;

Loran Nikolay M.;

Gilek Sergey A.

Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

✉ [korneychuk@sibpsa.ru](mailto:korneychuk@sibpsa.ru)

*Abstract.* The article analyzes the issues related to the quality of passing operational information in fire and rescue garrisons. The existing technological solutions are considered and recommendations for improving the efficiency of the exchange of operational information are proposed. Recommendations are given that take into account the use of modern information technologies, including the leading trends of digital transformation. The stages of automation of the main processes of information exchange of fire and rescue garrisons of fire protection are determined.

*Keywords:* unified information system, digitalizations, fire protection, control, Industry 4.0

**For citation:** Korneychuk Ch.A., Loran N.M., Gilek S.A. Directions for improving the operational exchange of information in local fire and rescue garrisons // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 129–136. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-129-136.

## Введение

Ведущими аспектами оперативной работы пожарно-спасательных подразделений являются сбор, анализ, оценка и обработка больших объемов различных данных, необходимых для формирования подробной информационной модели чрезвычайной ситуации (ЧС). При недостатке необходимой оперативной информации или задержки в ее прохождении происходит искажение информационной модели, что кратно повышает нагрузку на участников информационного обмена, вследствие чего снижается степень эффективности действий по ликвидации ЧС.

Деятельность диспетчеров и радиотелефонистов центрального пункта пожарной связи (ЦППС) и пунктов связи пожарно-спасательных частей (ПСЧ) местных пожарно-спасательных гарнизонов (МПСГ) как сегмента оперативной иерархической структуры упрощённо можно представить в виде циклического процесса, состоящего из нескольких этапов: ожидание, получение информации, обработка сообщений и информационное сопровождение участников тушения пожара или ликвидации ЧС (происшествия). Данный циклический процесс лишь кажется простым. Вся сложность раскрывается не только при проведении декомпозиции процесса, но и в увеличении числа одновременных циклов.

Доступ к информации о сложившейся на месте ЧС обстановке для диспетчера МПСГ происходит главным образом на основе организации продуктивного диалога через средства коммуникации. Информативность и скорость обмена необходимыми данными прежде всего влияют на качество принимаемых управленческих решений. В то же время получить точную и подробную информацию от участников или свидетелей инцидентов не всегда представляется возможным. Усложняющим фактором в этом процессе является то, что в дополнение к имеющейся количественной нагрузке, добавляются временные показатели подготовки и предоставления различных отчётных форм оперативной информации, а также их количество.

## Аналитическая часть

В процессе своей работы диспетчеру ЦППС приходится направлять силы и средства к месту возникновения ЧС (пожара), вести радиообмен, передавать информацию, заполнять сводки по пожарам и другие регламентированные нормативными документами формы отчёта, одновременно принимая вызовы на другие происшествия, требующие незамедлительного реагирования пожарных подразделений. Обобщённая схема задач оперативного реагирования, решаемых диспетчером, представлена на рис. 1.

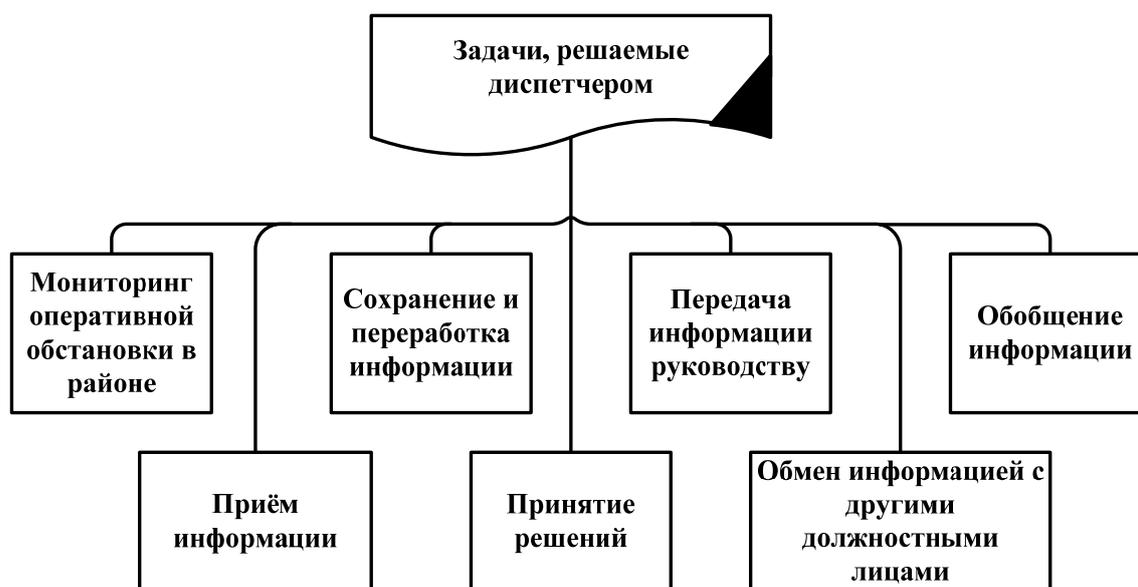


Рис. 1. Задачи диспетчера при оперативном реагировании

В случае возникновения пожара по повышенному рангу или с гибелью людей диспетчеры МПСГ сталкиваются с трудностями обработки различных донесений и иных документов согласно Регламенту обмена оперативной информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности в системе МЧС России (Регламент) [1].

Помимо этого, накладываются ещё и такие факторы, как наступление пожароопасного периода, во время которого количество пожаровкратно увеличивается, что может приводить к ещё более значительному падению оперативности и качества передачи информации.

Учет всей необходимой информации при реагировании подразделений ведется диспетчером МПСГ в режиме круглосуточной работы. Риски, связанные с неэффективным обменом оперативной информацией, могут привести к задержке реагирования на происшествия, что, в свою очередь, может привести к ухудшению сложившейся на месте происшествия ситуации и, как следствие, увеличению ущерба от наступивших последствий. Недостаточная информация о происшествии может привести к снижению качества управленческих решений во время направления подразделений на место ЧС, что также способствует ухудшению ситуации.

Кроме того, запаздывающий обмен информацией приводит к некорректному распределению ресурсов подразделений, что, в свою очередь, негативно скажется на эффективности их действий.

Наконец, снижение оперативности передачи информации или ее неполнота могут повлиять на работу других служб Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и увеличить вероятность несвоевременного оказания помощи пострадавшим [2].

По опросу специалистов оперативной дежурной смены Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) ГУ МЧС России по Красноярскому краю, в результате анализа тренировок с МПСГ за 2022 г. причиной более половины выявленных замечаний является задержка прохождения информации и неполнота данных в предоставляемых документах. Недостатки, выявленные в ходе проведения тренировок специалистов ЦУКС с оперативной группой и диспетчерским составом МПСГ Красноярского края, представлены на рис. 2.

Один из ключевых моментов несвоевременного и некачественного предоставления информации заключается в сроках, отведенных на формирование отчетных документов. Согласно Регламенту, с момента прибытия пожарных подразделений к месту реагирования у диспетчера МПСГ есть от 20 до 60 мин на составление различных документов по более чем 10 формам отчёта.



Рис. 2. Недостатки, выявленные в ходе проведения тренировок МПСГ Красноярского края

Данные опроса специалистов ЦУКС различных субъектов Сибирского федерального округа свидетельствуют о том, что документы без замечаний предоставляют, как правило, только ЦППС с большой штатной численностью. Для всех остальных случаев характерна задержка в предоставлении информации и постоянная корректировка содержания отчётных документов.

Помимо этого, в работах [3–5] отмечается, что кроме основных оперативных функций в подразделениях пожарной охраны реализуются обеспечивающие функции, среди которых стоит обращать особое внимание на планирование деятельности и организацию делопроизводства.

Существует несколько технологических решений, которые могут помочь в совершенствовании системы обмена оперативной информацией в пожарно-спасательных гарнизонах.

При формировании рекомендаций по совершенствованию системы обмена оперативной информацией в пожарно-спасательных гарнизонах необходимо учитывать ведущие тенденции цифровой трансформации, а именно элементы системы Индустрия 4.0, интеграция которых обосновывается активным внедрением инновационных технологий во все сферы человеческой деятельности.

Комплексное развитие цифровых технологий осуществляется в рамках так называемой четвертой научно-технической революции, этапы которой характеризуются применением технологий, основанных на создании киберфизических систем, что подразумевает интеграцию вычислительных ресурсов в физические объекты любого вида [6–8]. Вышеуказанное согласуется со «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [9]. В ряде работ [8, 10, 11] выделены промышленные технологии, применение которых обеспечивает построение киберфизических систем класса Индустрия 4.0. Рассмотрим варианты направлений внедрения определенных технологий системы для оптимизации прохождения оперативной информации.

В настоящее время новые инструменты, внедряющиеся во многих сферах жизнедеятельности, в МЧС России применяются фрагментарно и далеко не в полном объеме, что влечёт за собой снижение эффективности деятельности подразделений.

**Единая информационная система.** Разработка и внедрение единой системы обмена информацией с унификацией предоставляемых форм документов окажет влияние на ускорение и качественные характеристики взаимодействия между структурными элементами как пожарной охраны, так и в целом в рамках РСЧС.

**Облачные технологии.** Благодаря использованию различных ресурсов через «облако» возможно обеспечение удаленного доступа к большим объемам информации, в том числе при помощи мобильных устройств, что особенно актуально для крупномасштабных происшествий, когда необходимо быстро передавать данные между различными участниками информационного обмена, а также допускается совместное использование и редактирование файлов.

**Мобильные приложения.** Приложения для мобильных платформ помогают получить доступ к информации на месте ЧС как адресно, так и в составе групп, а также быстро обмениваться информацией между различными специалистами.

**Системы мониторинга.** Видеонаблюдение, авиационный, космический мониторинг и прочие виды помогают получать более точную и детализированную информацию о происшествиях. Помимо этого, предлагается возможность отслеживания, контроля движения сотрудников, обеспечивающих выполнение оперативных задач в условиях чрезвычайной опасности.

**Автоматизированные системы управления.** С помощью автоматизации систем обмена информацией возможно исключение или снижение роли диспетчера в различных аспектах работы. Например, в заполнении и отправке различных отчётных форм, управлении высылкой сил и средств, поддержке принятия различных управленческих решений и др. [12].

Данные преобразования необходимо проводить в полной цифровой трансформации и модернизации пожарно-спасательных частей как ключевого элемента системы управления подразделением, соответствующего современным требованиям.

В рамках этой концепции уже разрабатываются различные алгоритмы, позволяющие диспетчерам повысить качество выполнения своих функциональных и должностных обязанностей. Это создает возможности для поэтапной модернизации оснащения пожарной охраны в соответствии с последними достижениями науки и техники [13]. Этапы автоматизации приведены на рис. 3.

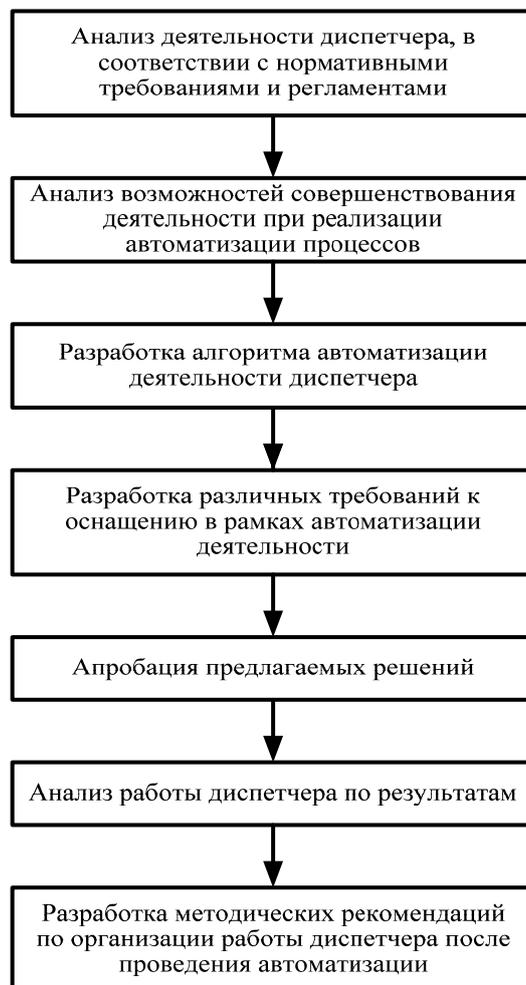


Рис. 3. Этапы автоматизации деятельности диспетчера

Автоматизация сбора информации и подготовки документов призвана помочь повысить оперативность работы диспетчера ЦППС и сократить нагрузку [14]. Следует отметить, что при внедрении предлагаемых рекомендаций необходимо учитывать уровень цифровой грамотности персонала и его готовность к взаимодействию с современными технологиями.

### Заключение

Рассмотренные инструменты призваны обеспечить эффективность управления за счет совершенствования системы информационного обмена и автоматизации некоторых функций диспетчера путем внедрения современных цифровых технологий. В настоящее время несколько готовых предложений уже проходят апробацию и поэтапно внедряются в работу. Однако любое технологическое решение может иметь свои ограничения и риски, и его внедрение должно быть детально продумано и осуществлено с учетом конкретных потребностей и условий работы пожарной охраны.

### Список источников

1. Об утверждении регламента обмена оперативной информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения пожарной безопасности в системе МЧС России: приказ МЧС России от 3 сент. 2022 г. № 944. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
2. Колобова Е.С. Особенности профессиональной деятельности диспетчеров службы спасения // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2014. № 35-1.
3. Functional model of activity of the fire and rescue unit / N.V. Martinovich [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2020. P. 012007. DOI: 10.1088/1742-6596/1479/1/01200.
4. Особенности оценки служебной деятельности должностных лиц пожарноспасательных подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России / Н.В. Мартинович [и др.] // Интернет-журнал Науковедение. 2016. Т. 8. № 6 (37). С. 10.
5. Антонов А.В., Коморовский В.С., Мартинович Н.В. Обзор применения методов системного анализа при исследовании деятельности пожарно-спасательных подразделений МЧС России // Школа молодых ученых и специалистов МЧС России – 2015: сб. статей по материалам науч.-практ. конф. Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. С. 174–179.
6. Sanfelice R.G. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice. 2016. P. 3–32.
7. Edward A. Lee Cyber-Physical Systems – Are Computing Foundations Adequate? // для семинара NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap. 2006. URL: [https://ptolemy.berkeley.edu/publications/papers/06/CPSPositionPaper/Lee\\_CPS\\_PositionPaper.pdf](https://ptolemy.berkeley.edu/publications/papers/06/CPSPositionPaper/Lee_CPS_PositionPaper.pdf) (дата обращения: 01.09.2022).
8. Industrie 4.0 Maturity index. Managing the digital transformation of companies (acatech STUDY) / G. Schuh [et al.]. Munich: Herbert Utz Verlag. 2017. P. 60.
9. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Рос. Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363) (дата обращения: 04.12.2022).
10. McKinsey Global Institute. A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity. 2017. URL: <https://www.mckinsey.com> (дата обращения: 18.04.2022).
11. Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0> (дата обращения: 18.04.2022).
12. Исследование и оптимизация процесса функционирования пункта связи пожарно-спасательного подразделения: отчет о НИОКР / А.Н. Батуро [и др.]. Железногорск, 2022.
13. Наумов И.Н., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. О переводе оперативных диспетчерских служб на единую программно-информационную среду // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 5. С. 20–20.
14. Система поддержки принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации и происшествия на опасных производственных объектах / Н.В. Трофимова [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2011. Т. 8. № 4. С. 64–71.

### References

1. Ob utverzhdenii reglamenta obmena operativnoj informaciej v oblasti zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennoho haraktera i obespecheniya pozharnoj bezopasnosti v sisteme MCHS Rossii: prikaz MCHS Rossii ot 3 sent. 2022 g. № 944. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
2. Kolobova E.S. Osobennosti professional'noj deyatel'nosti dispetcherov sluzhby spaseniya // Psihologiya i pedagogika: metodika i problemy prakticheskogo primeneniya. 2014. № 35-1.

3. Functional model of activity of the fire and rescue unit / N.V. Martinovich [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. P. 012007. DOI: 10.1088/1742-6596/1479/1/01200.
4. Osobennosti ocenki sluzhebnoj deyatelnosti dolzhnostnyh lic pozharnospasatel'nyh podrazdelenij Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii / N.V. Martinovich [i dr.] // *Internet-zhurnal Naukovedenie*. 2016. T. 8. № 6 (37). S. 10.
5. Antonov A.V., Komorovskij V.S., Martinovich N.V. Obzor primeneniya metodov sistemnogo analiza pri issledovanii deyatelnosti pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij MCHS Rossii // *Shkola molodyh uchenykh i specialistov MCHS Rossii – 2015: sb. statej po materialam nauch.-prakt. konf. Zheleznogorsk: FGBOU VO Sibirskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii*, 2015. S. 174–179.
6. Sanfelice R.G. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic // *Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice*. 2016. P. 3–32.
7. Edward A. Lee Cyber-Physical Systems – Are Computing Foundations Adequate? // *dlya seminara NSF Workshop On Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap*. 2006. URL: [https://ptolemy.berkeley.edu/publications/papers/06/CPSPositionPaper/Lee\\_CPS\\_PositionPaper.pdf](https://ptolemy.berkeley.edu/publications/papers/06/CPSPositionPaper/Lee_CPS_PositionPaper.pdf) (data obrashcheniya: 01.09.2022).
8. Industrie 4.0 Maturity index. Managing the digital transformation of companies (acatech STUDY) / G. Schuh [et al.]. Munich: Herbert Utz Verlag. 2017. P. 60.
9. O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017–2030 gody: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 9 maya 2017 g. № 203. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_216363](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363) (data obrashcheniya: 04.12.2022).
10. McKinsey Global Institute. A Future That Works: Automation, Employment, and Productivity. 2017. URL: <https://www.mckinsey.com> (data obrashcheniya: 18.04.2022).
11. Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0> (data obrashcheniya: 18.04.2022).
12. Issledovanie i optimizaciya processa funkcionirovaniya punkta svyazi pozharnospasatel'nogo podrazdeleniya: otchet o NIOKR / A.N. Baturu [i dr.]. ZHeleznogorsk, 2022.
13. Naumov I.N., Teterin I.M., Topol'skij N.G. O perevode operativnykh dispetcherskih sluzhb na edinuyu programmno-informacionnuyu sredu // *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2014. № 5. S. 20–20.
14. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po reagirovaniyu na chrezvyhajnye situacii i proisshestviya na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektah / N.V. Trofimova [i dr.] // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2011. T. 8. № 4. S. 64–71.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 14.06.2023; одобрена после рецензирования: 22.07.2023;  
принята к публикации: 25.07.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 14.06.2023; approved after review: 22.07.2023;  
accepted for publication: 25.07.2023

*Информация об авторах:*

**Корнейчук Кристина Андреевна**, инспектор отдела прикладных исследований и инновационных технологий Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662927, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: [korneychuk@sibpsa.ru](mailto:korneychuk@sibpsa.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5019-2184>, SPIN-код: 3627-8256

**Лоран Николай Михайлович**, научный сотрудник отдела информационных технологий и компьютерного моделирования Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662927, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: [loran@sibpsa.ru](mailto:loran@sibpsa.ru), SPIN-код: 9283-8798

**Гилек Сергей Александрович**, первый заместитель начальника Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662927, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: [gileksa@sibpsa.ru](mailto:gileksa@sibpsa.ru), SPIN-код: 1373-0713

*Information about the authors:*

**Korneychuk Christina A.**, specialist of the department of applied research and innovative technologies of the Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia (662927, Krasnoyarsk region, Zheleznogorsk, st. Severnaya, 1), e-mail: [korneychuk@sibpsa.ru](mailto:korneychuk@sibpsa.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5019-2184>, SPIN-code: 3627-8256

**Loran Nikolay M.**, researcher of the department of information technology and computer modeling of the Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia (662927, Krasnoyarsk region, Zheleznogorsk, st. Severnaya, 1), e-mail: [loran@sibpsa.ru](mailto:loran@sibpsa.ru), SPIN-code: 9283-8798

**Gilek Sergey A.**, first deputy chief of the Siberian fire and rescue Academy of EMERCOM of Russia (662927, Krasnoyarsk region, Zheleznogorsk, st. Severnaya, 1), e-mail: [gileksa@sibpsa.ru](mailto:gileksa@sibpsa.ru), SPIN-code: 1373-0713

Научная статья

УДК 338.552; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-137-151

## **РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МОНИТОРИНГА СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ РИСКОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ**

✉ Асташенко Александра Николаевна.

Российский университет кооперации, Москва, Россия

✉ [padfeet@yandex.ru](mailto:padfeet@yandex.ru)

*Аннотация.* При управлении процессами реализации инвестиционно-строительных проектов возникают условия различного уровня неопределенности, порождающие рискованные ситуации. Игнорирование рискованных ситуаций при реализации инвестиционно-строительных проектов приводит к появлению рискованных комбинаций и увеличению затрат на риски и ликвидацию их последствий. Все более актуальным становится определение рискованности рискованной ситуации (комбинации), в этой связи повышается актуальность разработки модели мониторинга совокупной стоимости рисков инвестиционно-строительных проектов.

Целью исследования является разработка экономико-математической модели мониторинга совокупной стоимости рисков инвестиционно-строительных проектов. Установлено, что в военной сфере на величину материальных затрат на разработку продукции существенное влияние оказывают риски, связанные с внутренней и внешней средой. В данной статье рассматриваются существующие модели инвестиционно-строительных проектов, выявлены их отличительные стороны. Новизна проводимого исследования состоит в авторском подходе к разработке модели мониторинга совокупной стоимости рисков на различных этапах жизненного цикла инвестиционно-строительных проектов. Практическая значимость результатов состоит в возможности мониторинга совокупной стоимости рисков инвестиционно-строительных проектов на всех этапах его жизненного цикла, оценивании на основе предлагаемой модели итоговой совокупной стоимости инвестиционно-строительных проектов посредством суммирования всех совокупных стоимостей рисков этапов инвестиционно-строительных проектов. Данные мероприятия направлены на недопущение рискованной ситуации или рискованной комбинации и обеспечение процессов реализации инвестиционно-строительных проектов. Предлагается проектно-процессный подход к технико-экономическому обоснованию и управлению процессами инвестиционно-строительных проектов.

Рекомендациями по применению полученных результатов является необходимость оценивания совокупной стоимости рисков инвестиционно-строительных проектов на всех этапах его жизненного цикла с целью определения источника ее возникновения.

*Ключевые слова:* строительство, результат, риски, проект, неопределенность, безопасность, эффективность, блок, этап, жизненный цикл, стадия, стоимость

**Для цитирования:** Асташенко А.Н. Разработка экономико-математической модели мониторинга совокупной стоимости рисков системы управления инвестиционно-строительными проектами // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 137–151. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-137-151.

Research article

## DEVELOPMENT OF AN ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL FOR MONITORING THE TOTAL COST OF RISKS IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS

✉ Astashenko Alexandra N.

Russian university of cooperation, Moscow, Russia

✉ [padfeet@yandex.ru](mailto:padfeet@yandex.ru)

*Abstract.* When managing the processes of implementing investment and construction projects, conditions of varying levels of uncertainty arise, giving rise to risky situations. Ignoring risk situations when implementing investment and construction projects leads to the emergence of risk combinations and increased risk costs and eliminating their consequences. Determining the risk intensity of a risk situation (combination) is becoming increasingly relevant; in this regard, the relevance of developing a model for monitoring the total cost of risks of investment and construction projects is increasing.

The purpose of the study is to develop an economic and mathematical model for monitoring the total cost of risks of investment and construction projects. It has been established that in the military sphere, the amount of material costs for product development is significantly influenced by risks associated with the internal and external environment. This article examines existing models of investment and construction projects and identifies their distinctive aspects. The novelty of the ongoing research lies in the author's approach to developing a model for monitoring the total cost of risks at various stages of the life cycle of investment and construction projects. The practical significance of the results lies in the possibility of monitoring the total cost of risks of investment and construction projects at all stages of its life cycle, estimating, based on the proposed model, the final total cost of investment and construction projects by summing up all the total costs of risks of the stages of investment and construction projects. These measures are aimed at preventing a risk situation or risk combination and ensuring the implementation of investment and construction projects. A design-process approach to feasibility studies and process management of investment and construction projects is proposed.

Recommendations for applying the results obtained are the need to assess the total cost of risks of investment and construction projects at all stages of its life cycle in order to determine the source of its occurrence.

*Keywords:* construction, result, risks, project, uncertainty, safety, efficiency, block, stage, life cycle, stage, cost

**For citation:** Astashenko A.N. Development of an economic and mathematical model for monitoring the total cost of risks in the management system of investment and construction projects // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 137–151. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-137-151.

### Введение

Инвестиционно-строительный проект – проект (ИСП), предусматривающий процесс реализации полного цикла вложения инвестиций в строительство какого-либо объекта: от стадии начального вложения капиталов до достижения цели инвестирования и завершения предусмотренных проектом работ [1]. В рыночной экономике целевой установкой, стимулом предпринимательской деятельности является извлечение прибыли, стремление к достижению ее максимальной величины в конкретных условиях, что достижимо при грамотном управлении проектами.

Проект (project – англ. – это что-либо, что задумывается или планируется) представляет собой идею и действия по его реализации с целью создания продукта, услуги

или другого полезного результата [2]. Риск представляет собой принятие решения в условиях неопределенности последствий, где происходит выход из ситуации неопределенности совершением действия субъекта. На основе проведенного обзорного анализа отечественной и зарубежной экономической литературы в работе [3] предложено авторское определение совокупной стоимости риска. Однако оценка рискоустойчивости и уровня риска без связи с этапами разработки проекта не дает возможности формировать состав исполнителей на начальном этапе ИСП. Прежде чем прийти к разработке модели рискоустойчивости системы управления ИСП, изначально необходимо рассмотреть типовую классификацию строительных проектов (рис. 1–4) [4]: по роли, по виду инвестиционной модели.

### Методы исследования

Модели и методы математического прогнозирования, экономико-математическое моделирование, статистический анализ, методы обоснования управленческих решений в условиях неопределенности [1–8].

### Разработка экономико-математической модели мониторинга совокупной стоимости рисков системы управления ИСП

На рис. 1 представлена типовая классификация по роли в строительном проекте, где строительные проекты делятся на инвестиционно-строительные и инжиниринговые проекты.



Рис. 1. Типовая классификация ИСП [4]

В данной работе предлагается подход по мониторингу рискоустойчивости системы управления ИСП, где рассматриваются основные проблемы и пути их решения, предлагаются критерии оценивания рискоустойчивости системы управления ИСП [1] на различных этапах выполнения работ. В работе [5] авторы считают, что для управления ИСП необходима комплексная программа управления рисками всего жизненного цикла функционирования систем ИСП: от этапа инвестиционно-строительных работ до этапа ввода

в эксплуатацию. На взгляд автора, целесообразна разработка модели рискоустойчивости системы управления ИСП. Авторское понятие «совокупная стоимость хозяйственного риска» представляет собой системно-структурную целостность, содержащую логически взаимосвязанные стоимостные составляющие [5]. В рамках данного исследования будут рассмотрены только ИСП, которые делятся на проекты:

- прямой окупаемости;
- скрытой окупаемости;
- с явной выручкой;
- с неявной выручкой.

Далее, на рис. 2 представлена классификация по виду инвестиционной модели.



Рис. 2. Классификация ИСП по виду инвестиционной модели [4]

Исходя из представленной классификации по виду инвестиционной модели, инвестиционная модель ИСП делится на проекты расширения и проекты развития, а также на гибридные (синергетические) проекты.

На рис. 3 представлена классификация проектов расширения по типам инвестиций:

- заполняющие инвестиции;
- замещающие инвестиции;
- генерирующие инвестиции.

Заполняющие инвестиции делятся в свою очередь на: партнерский девелопмент (соинвестирование с действующим оператором), конкурентный девелопмент (строительство новых производств под конкурента), собственный девелопмент (строительство новых производств под себя).

Замещающие инвестиции включают в себя: замещающий девелопмент, то есть случаи, когда старая продукция попадает под отказ в связи с выбором новой у действующего оператора. Параллельный девелопмент представляет собой создание альтернативы ИСП и одновременно совместное присутствие на рынке.



Рис. 3. Классификация ИСП по типам инвестиций [1–4]

Генерирующие инвестиции делятся на:

- промышленный девелопмент новой продукции реализуется посредством «стартап», то есть процессы развиваются с начальным капиталом под конкретного заказчика с точным пониманием потребности;
- промышленный девелопмент новой продукции реализуется под нового заказчика с точным понимаем потребности.

На рис. 4 представлена базовая классификация венчурных ИСП в строительной промышленности, где заводы делятся по признакам:

- экономичный строительный завод;
- строительный завод с новой технологией;
- реактивный строительный завод;
- гибкий строительный завод;
- строительный завод для спецзаказов;
- дышащий строительный завод.

Экономический строительный завод обладает стратегическим признаком, где происходит детальное планирование затрат, фокусировка производится на одном продукте и реализуется строгий контроллинг по всем протекающим процессам.

Строительный завод с новой технологией отличается наличием инновационного продукта, инновационной технологией и высоким качеством инновационного продукта. Здесь все связано с инновацией и уровнем ее качества.

Реактивный строительный завод отличается ориентацией на предельные объемы, высокоскоростную логистику и постоянный спрос.

Гибкий строительный завод представляет собой состояние разнообразия в модульной структуре производства, вариативности стадий и поздней кастомизации.

Строительный завод для спецзаказов отличается выраженной вариативностью опций, диверсификацией комплектующих и вовлечением клиента.

Дышащий строительный завод отличается в процессах увеличения или уменьшения объемов производства, выраженных в экономии от минимального объема до быстрой перенастройки на новый продукт с расширяемостью в ассортименте и территориях распространения строительной продукции – в случае необходимости. То есть, готовность сотрудников дышащего строительного завода направлена на то, чтобы в любое время сменить свои ориентиры в плане производительности и расширяемости строительной продукции.

Таким образом, рассмотрев типовые классификации ИСП, классификацию ИСП по видам инвестиционной модели, классификацию ИСП по типам инвестиций и базовую классификацию венчурных ИСП представляется возможным сделать вывод, что в ИСП не прослеживается четкого единства их в разнообразии, соответственно, тяжело представить разнообразие рисков с целью принятия управленческих решений. В этой связи попробуем разобраться в существующих моделях рисков ИСП с целью разработки авторской модели.

Безусловным является тот факт, что все ИСП направлены на достижение поставленной цели путем решения тех или иных задач с различным уровнем сложности, где результатом может быть получение прибыли или убытка (безубытка).



Рис. 4. Базовая классификация венчурных ИСП [4]

При управлении ИСП, как правило, анализируются все возможные задействованные ресурсы, а именно: человеческие, трудовые, материальные, нематериальные, природные энергетические, финансовые, временные и т.д.

ИСП делят по различным признакам, которые отличаются:

- в целях;
- в затратах;

- в технологиях;
- в разнообразии реализуемых процессов;
- в индивидуальности каждого процесса ИСП;
- в выпускаемых объемах производства строительных материалов;
- в уровнях сложности ИСП;
- во временных диапазонных и т.д.
- в грамотности лица, принимающего решение (ЛПР) при управлении ИСП (очень важное отличие).

Однако бесспорным остается то, что все ИСП имеют жизненный цикл, этапы которого однотипные от рождения до зрелости, спада, эксплуатации и т.д. Все этапы ИСП так или иначе связаны с условиями неопределенности, которая является благоприятной средой для рождения различного рода рисков. Любой риск, в свою очередь, тесно связан с тем или иным процессом, а иногда и несколькими процессами одновременно. То есть, чтобы оценивать эффективность вкладываемых инвестиций в ИСП, естественно, необходимо производить мониторинг реализуемых рисков и расходовемых средств. Для этого необходимо четкое понимание того, какой реализуется риск, как им управлять и что будет дальше при тех или иных мероприятиях.

Если ИСП реализуется в заданный срок и фактические затраты соответствуют прогнозным затратам на ИСП, при этом технико-экономическое обоснование ИСП произведено качественно, а в условиях неопределенности приняты экономически целесообразные решения и реализованы экономически целесообразные мероприятия, то естественно, что данный ИСП будет результативным, прибыльным и удовлетворять своего заказчика. И наоборот, если ИСП реализуется не в заданный срок и фактические затраты не соответствуют прогнозным затратам на ИСП, при этом технико-экономическое обоснование ИСП произведено некачественно, а в условиях неопределенности приняты экономически нецелесообразные решения и реализованы экономически нецелесообразные мероприятия, то естественно, что данный ИСП не будет результативным, будет убыточным и при неисправности всех негативных ситуаций – не будет удовлетворять своего заказчика [6]. Заказчику необходимо понимать риски своих подрядчиков, уметь их прогнозировать, оценивать и принимать грамотные решения, направленные на повышение эффективности расходования вкладываемых инвестиций. В работе обоснована необходимость увязки допустимой рискоустойчивости предпринимательского решения с конкурентоспособностью и эффективностью деятельности на микроуровне как основополагающее направление с развитием интеллектуального капитала [6]. В работе обоснован вывод о том, что в настоящее время отсутствует единый механизм по управлению рискоустойчивостью и необходимы методы по обучению персонала грамотному реагированию на рисковую ситуацию, обусловленную неопределенностью последствий риска [7]. Характерной особенностью предпринимательской деятельности является её неразрывная связь с рисками, порождаемыми неопределенностью условий ведения этой деятельности. В работе приводятся схемы управления в различных ситуациях определенности последствий. Обоснован вывод о том, что принятие решения и действие – это выдающий процесс относительно личности, так как после поглощения информации следует действие или бездействие [8]. Предлагается проектно-процессный подход к технико-экономическому обоснованию и управлению процессами ИСП, позволяющий сократить затраты и циклы реализации ИСП и рассмотреть методику экспресс-анализа показателей эффективности бизнес-процессов [8].

Однако в настоящее время из-за того, что нет единства в классификации ИСП, нет единства в модели рисков ИСП, представляется сложным производить прогноз рисков ИСП, а тем более производить их оценивание и принимать взвешенные решения при выборе того или иного исполнителя. В этой связи еще раз подтверждается актуальность выбранного исследования и практическая значимость выносимых на защиту научных положений. При выборе подрядчика заказчик должен понимать все возможности и способности своих

исполнителей и соисполнителей, производить мониторинг всех процессов, которые протекают как в условиях определенности, так и в условиях неопределенности. В этой связи важно понимание того, где же появляется неопределенность и каков ее уровень, какова угроза и какова вероятность негативных (положительных) последствий той или иной рискованной ситуации для проекта в целом. В данной работе разработана система оценивания устойчивости ИСП к рискам – определения уровня рискоустойчивости системы управления ИСП. Отличительной особенностью данной модели является то, что оценивается устойчивость системы управления ИСП (СУИСП) к рискам не только одного из подрядчиков или только к рискам одного заказчика, а оценивается устойчивость системы к рискам в целом с учетом рисков взаимодействия всех участников процессов ИСП на основе проектно-процессного подхода, которая позволит повысить эффективность использования ресурсов государства, повысить качество планирования на всех этапах цепочки ИСП, сократить затраты для достижения целевой себестоимости [8].

### Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлена экономико-математическая модель совокупной стоимости рисков ИСП.

Таблица

**Экономико-математическая модель совокупной стоимости рисков ИСП**

№ п/п Участника ИСП	Риски, связанные с ресурсами	Риски, связанные с процессами	Риски, связанные с результатом стадии	Результаты последствий рисков
1	2	3	4	5
<b>I. Стадия планирования ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	$СР_{зак} = ЦР_{зак} + Ир_{зак} + P_{прЗак}$			
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	$СР_{Исп1} = ЦР_{Исп1} + Ир_{Исп1} + P_{пр Исп1}$			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$СР_{Исп2} = ЦР_{Исп2} + Ир_{Исп2} + P_{пр Исп2}$			
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$СР_{Исп3} = ЦР_{Исп3} + Ир_{Исп3} + P_{пр Исп3}$			
Система управления ИСП на стадии	Риски, связанные с системой	Риски, связанные с процессами системы	Риски, связанные с результатом стадии системы	Результаты последствий рисков системы

№ п/п Участника ИСП	Риски, связанные с ресурсами	Риски, связанные с процессами	Риски, связанные с результатом стадии	Результаты последствий рисков
1	2	3	4	5
планирования	управления ИСП	управления ИСП	управления ИСП	управления ИСП
	$CP_{СУИСП} = CP_{зак} + CP_{Исп1} + CP_{Исп1} + CP_{Исп2} + CP_{Исп3}$			
<b>II. Стадия ТЭО ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	$CP_{зак} = ЦР_{зак} + Ир_{зак} + P_{прЗак}$			
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	$CP_{Исп1} = ЦР_{Исп1} + Ир_{Исп1} + P_{прИсп1}$			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CP_{Исп2} = ЦР_{Исп2} + Ир_{Исп2} + P_{прИсп2}$			
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CP_{Исп3} = ЦР_{Исп3} + Ир_{Исп3} + P_{прИсп3}$			
Система управления ИСП на стадии ТЭО	Риски, связанные с системой управления ИСП	Риски, связанные с процессами системы управления ИСП	Риски, связанные с результатом стадии системы управления ИСП	Результаты последствий рисков системы управления ИСП
	$CP_{СУИСП} = CP_{зак} + CP_{Исп1} + CP_{Исп1} + CP_{Исп2} + CP_{Исп3}$			
<b>III. Стадия реализации процессов ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	$CP_{зак} = ЦР_{зак} + Ир_{зак} + P_{прЗак}$			
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	$CP_{Исп1} = ЦР_{Исп1} + Ир_{Исп1} + P_{прИсп1}$			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CP_{Исп2} = ЦР_{Исп2} + Ир_{Исп2} + P_{прИсп2}$			

№ п/п Участника ИСП	Риски, связанные с ресурсами	Риски, связанные с процессами	Риски, связанные с результатом стадии	Результаты последствий рисков
1	2	3	4	5
<b><math>СР_{Исп2} = ЦР_{Исп2} + Ир_{Исп2} + P_{пр Исп2}</math></b>				
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	<b><math>СР_{Исп3} = ЦР_{Исп3} + Ир_{Исп3} + P_{пр Исп3}</math></b>			
Система управления ИСП	Риски, связанные с системой управления ИСП	Риски, связанные с процессами системы управления ИСП	Риски, связанные с результатом стадии системы управления ИСП	Результаты последствий рисков системы управления ИСП
	<b><math>СР_{СУИсп} = СР_{зак} + СР_{Исп1} + СР_{Исп1} + СР_{Исп2} + СР_{Исп3}</math></b>			
<b>IV. Стадия проверок/надзора и исправлений выявленных нарушений ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	<b><math>СР_{зак} = ЦР_{зак} + Ир_{зак} + P_{прЗак}</math></b>			
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	<b><math>СР_{Исп1} = ЦР_{Исп1} + Ир_{Исп1} + P_{пр Исп1}</math></b>			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	<b><math>СР_{Исп2} = ЦР_{Исп2} + Ир_{Исп2} + P_{пр Исп2}</math></b>			
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	<b><math>СР_{Исп3} = ЦР_{Исп3} + Ир_{Исп3} + P_{пр Исп3}</math></b>			
Система управления ИСП на стадии проверок/надзора и исправлений выявленных нарушений ИСП	Риски, связанные с системой управления ИСП	Риски, связанные с процессами системы управления ИСП	Риски, связанные с результатом стадии системы управления ИСП	Результаты последствий рисков системы управления ИСП
	<b><math>СР_{СУИсп} = СР_{зак} + СР_{Исп1} + СР_{Исп1} + СР_{Исп2} + СР_{Исп3}</math></b>			
<b>V. Стадия ввода в эксплуатацию ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	<b><math>СР_{зак} = ЦР_{зак} + Ир_{зак} + P_{прЗак}</math></b>			

№ п/п Участника ИСП	Риски, связанные с ресурсами	Риски, связанные с процессами	Риски, связанные с результатом стадии	Результаты последствий рисков
1	2	3	4	5
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	$CR_{Исп1} = CR_{Исп1} + IR_{Исп1} + P_{пр Исп1}$			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CR_{Исп2} = CR_{Исп2} + IR_{Исп2} + P_{пр Исп2}$			
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CR_{Исп3} = CR_{Исп3} + IR_{Исп3} + P_{пр Исп3}$			
Система управления ИСП	Риски, связанные с системой управления ИСП	Риски, связанные с процессами системы управления ИСП	Риски, связанные с результатом стадии системы управления ИСП	Результаты последствий рисков системы управления ИСП
	$CR_{СУисп} = CR_{зак} + CR_{Исп1} + CR_{Исп1} + CR_{Исп2} + CR_{Исп3}$			
<b>VI. Стадия эксплуатации результатов ИСП</b>				
Заказчик	Риски, связанные с ресурсами Заказчика	Риски, связанные с процессами заказчика	Риски, связанные с результатом стадии планирования для заказчика	Результаты последствий рисков для заказчика
	$CR_{зак} = CR_{зак} + IR_{зак} + P_{прЗак}$			
Исполнитель № 1	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 1	Риски, связанные с процессами исполнителя № 1	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 1	Результаты последствий рисков для исполнителя № 1
	$CR_{Исп1} = CR_{Исп1} + IR_{Исп1} + P_{пр Исп1}$			
Исполнитель № 2	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CR_{Исп2} = CR_{Исп2} + IR_{Исп2} + P_{пр Исп2}$			
Исполнитель № 3	Риски, связанные с ресурсами исполнителя № 2	Риски, связанные с процессами исполнителя № 2	Риски, связанные с результатом стадии для исполнителя № 2	Результаты последствий рисков для исполнителя № 2
	$CR_{Исп3} = CR_{Исп3} + IR_{Исп3} + P_{пр Исп3}$			
Совокупная стоимость рисков системы управления ИСП	$CR_{СУисп} = CR_{этапПлн} + CR_{этапТЭО} + CR_{реализИСП} + CR_{провер} + CR_{вводЭксп} + CR_{экспл}$			

Очень важным моментом при управлении ИСП является учет рисков взаимодействия, потому что без понимания вектора направленности процесса ИСП не представляется возможным даже произвести классификацию ИСП по уровню эффективности и рискоустойчивости [9].

Риски расписания, представленные также на рис. 4, подразделяются на:

- риски увеличения задач с предварительным увеличением длительности реализации ИСП;
- риски наличия слишком ограниченных временных ресурсов для решения задач ИСП;
- риски наличия слишком длинных задач ИСП;
- риски наличия задач, где необходимо задействование большого количества ресурсов;
- риски задач с большим числом зависимостей, то есть задействовано много участников, разнообразие данных процессов очень высоко, уровень сложности управления усложняется. Здесь вероятнее всего будут риски увеличения времени взаимодействия участников ИСП между собой. Как правило, чем больше участников во взаимодействии, тем больше количество процессов, тем выше риски увеличения их взаимодействий во времени от прогнозных, что так или иначе удлинит жизненный цикл ИСП и удорожает сам проект;
- риски наличия задач с внешними зависимостями, то есть с такими воздействующими факторами, которые не зависят от ЛПР при реализации ИСП, на которые повлиять очень сложно или практически невозможно. Данный вид риска значительно отличается от внутренних рисков ИСП, так как внутренние процессы так или иначе в большей мере, поддаются воздействию управленца, а внешние риски, как правило, менее управляемые. Необходимо использовать в управлении хозяйственными рисками методический комплекс, основанный на определении объемов продаж, удовлетворяющих, с одной стороны, требования предельной стоимости рисков и рискоустойчивости, а с другой – обеспечивающих необходимую в конкурентных условиях производительность совокупных затрат [10]. В этой связи и для внутренних и внешних рисков необходимо иметь перечень возможных экономически целесообразных мероприятий для всех возможных рисков ИСП [11]. Каким же образом определить, что будет дальше и какой это риск ИСП, автор предлагает определять посредством разработанной экономико-математической модели мониторинга рисков реализации ИСП [12].

### Заключение

Таким образом, экономико-математическая модель совокупной стоимости рисков системы управления ИСП формализованно выглядит следующим образом:

$$C_{P_{СУИСП}} = C_{P_{\text{этапаПлан}}} + C_{P_{\text{этапаТЭО}}} + C_{P_{\text{реализИСП}}} + C_{P_{\text{провер}}} + C_{P_{\text{вводЭксп}}} + C_{P_{\text{экспл}}},$$

где  $C_{P_{СУИСП}}$  – совокупная стоимость рисков системы управления ИСП;  $C_{P_{\text{этапаПлан}}}$  – совокупная стоимость рисков ИСП на этапе планирования;  $C_{P_{\text{этапаТЭО}}}$  – совокупная стоимость рисков ИСП на этапе технико-экономического обоснования;  $C_{P_{\text{реализИСП}}}$  – совокупная стоимость рисков системы управления ИСП на этапе реализации ИСП;  $C_{P_{\text{провер}}}$  – совокупная стоимость рисков системы управления ИСП;  $C_{P_{\text{вводЭксп}}}$  – совокупная стоимость рисков системы управления ИСП;  $C_{P_{\text{экспл}}}$  – совокупная стоимость рисков системы управления ИСП.

Таким образом, на этапе ИСП, если реализуется стадия планирования, то риски будут связаны с участниками процесса, с процессами и ресурсами и т.д. В работе обоснован вывод о том, что в настоящее время отсутствует единый механизм по управлению рискоустойчивостью системой управления ИСП, необходимы дальнейшее развитие данного направления, разработка научно-методических аппаратов мониторинга совокупной стоимости рисков системы управления ИСП и по обучению персонала грамотному реагированию на рисковую ситуации (комбинации), обусловленные неопределенностью

последствий. Основной целью данного исследования явилась разработка методического подхода оценивания рисков предприятий посредством определения совокупной стоимости рисков ИСП, позволяющей увязать допустимые потери, рискоустойчивость и уровень риска с этапами ИСП. Однако оценка рискоустойчивости и уровня риска без связи с этапами разработки ИСП не дает возможности формировать состав исполнителей на начальном этапе разработки ИСП. Риск ИСП, помимо того, что это процесс принятия решения в условиях неопределенности, это еще и выход из ситуации неопределенности. В этой связи актуальным является разработка показателей и критериев оценивания рискоустойчивости системы управления ИСП, функционирование которой невозможно без разработки экономико-математической модели мониторинга совокупной стоимости рисков всей системы управления ИСП. В работе последовательно дана характеристика проекта, рассмотрены их виды, применены нормативный и комплексный подходы, общенаучные и специальные методы научного познания: ретроспективный, системный и функционально-структурный анализ, наблюдения, классификации инструментальных приемов группировки, выборки, сравнения и обобщения, эволюционного и динамического анализа [12].

Рекомендациями по применению полученных результатов является необходимость оценивания совокупной стоимости рисков ИСП на всех этапах его жизненного цикла при определении уровня риска как для заказчика, так и для уровня рискоустойчивости системы управления ИСП с целью определения цены риска, издержек от его последствий, прочих издержек и источников его возникновения. Перспективой исследования является разработка системы поддержки принятия решений в условиях неопределенности управления ИСП, способной сопроводить лицо, принимающее решение, на всех стадиях ИСП, оценивать уровень риска исходя из совокупной стоимости риска ИСП также на любом этапе ИСП и оценивать результаты последствий реализованных решений, прогнозировать экономическую целесообразность мер по управлению рисками ИСП и определять маржинальность деятельности.

### **Список источников**

1. Инновационный метод обоснования выбора проектировщика на основе оценивания рискоустойчивости при архитектурно-строительном проектировании / А.Н. Асташенко [и др.] // Вестник Российского нового университета. Сер.: Человек и общество. 2023. № 1. С. 66–76.
2. Бычков А.В., Зубова Л.В. Методика оценивания уровня рискоустойчивости предприятий строительной отрасли при надзорном сопровождении инвестиционно-строительных проектов в интересах Минобороны // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 2-2. С. 187–193.
3. Бычков А.В. Определение начальной (максимальной) цены контракта на выполнение проектно-исследовательских работ // СметаНА. 2023.
4. Викулов С.Ф., Зубов А.О., Никитин Ю.А. Понятие, показатели и критерии рискоустойчивости системы материально-технического обеспечения боевой готовности Вооружённых Сил Российской Федерации // Финансы и кредит. 2022. Т. 28. № 4 (820). С. 732–747.
5. Портал для специалистов архитектурно-строительной отрасли // Эксперт Малахов Владимир. URL: <https://ardexpert.ru/article/19909> (дата обращения: 11.02.2023).
6. Гусакова Е.А., Павлов А.С. Государственные закупки в строительстве – зарубежная практика // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 2. С. 242–252.
7. Павлов А.С. Государственные закупки в строительстве – критический обзор // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 377–385.
8. Павлов А.С., Островский Р.В. Государственные закупки в строительстве – предложения по совершенствованию // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 501–515.
9. Зубова Л.В., Коровин Э.В., Никитин Ю.А. Методика категорирования потенциально опасных рисков системы технологического обеспечения разработки

и производства ВВСТ // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 147–157.

10. Бычков А.В., Зубова Л.В. Методика оценивания уровня рискоустойчивости предприятий строительной отрасли при надзорном сопровождении инвестиционно-строительных проектов в интересах Минобороны // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 2 (ч. 2). 187–193.

11. Звягина Е.М. Влияние уровня информированности на бухгалтерский риск // Формирование электронной культуры в процессе непрерывного образования: проблемы и перспективы: сб. науч. трудов участников Междунар. междисциплин. конф. СПб., 2015. С. 85–94.

12. Целыковских А.А., Никитин Ю.А., Зубов А.О. Методика прогнозирования стоимости процесса разработки образца вооружения, военной и специальной техники на основе проектного подхода с учетом неопределённости стоимостных данных // Вестник Екатеринбургского института. 2022. № 3 (59). С. 59–65.

### References

1. Innovacionnyj metod obosnovaniya vybora proektirovshchika na osnove ocenivaniya riskoustojchivosti pri arhitekturno-stroitel'nom proektirovanii / A.N. Astashenko [i dr.] // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Ser.: Chelovek i obshchestvo. 2023. № 1. S. 66–76.

2. Bychkov A.V., Zubova L.V. Metodika ocenivaniya urovnya riskoustojchivosti predpriyatij stroitel'noj otrasli pri nadzornom soprovozhdenii investicionno-stroitel'nyh proektov v interesah Minoborony // Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava. 2023. № 2-2. S. 187–193.

3. Bychkov A.V. Opredelenie nachal'noj (maksimal'noj) ceny kontrakta na vypolnenie proektno-izyskatel'skih rabot // SmetaNA. 2023.

4. Vikulov S.F., Zubov A.O., Nikitin Yu.A. Ponyatie, pokazateli i kriterii riskoustojchivosti sistemy material'no-tekhnicheskogo obespecheniya boevoj gotovnosti Vooruzhyonnyh Sil Rossijskoj Federacii // Finansy i kredit. 2022. T. 28. № 4 (820). S. 732–747.

5. Portal dlya specialistov arhitekturno-stroitel'noj otrasli // Ekspert Malahov Vladimir. URL: <https://ardexpert.ru/article/19909> (data obrashcheniya: 11.02.2023).

6. Gusakova E.A., Pavlov A.S. Gosudarstvennye zakupki v stroitel'stve – zarubezhnaya praktika // Vestnik MGSU. 2022. T. 17. Vyp. 2. S. 242–252.

7. Pavlov A.S. Gosudarstvennye zakupki v stroitel'stve – kriticheskij obzor // Vestnik MGSU. 2022. T. 17. Vyp. 3. S. 377–385.

8. Pavlov A.S., Ostrovskij R.V. Gosudarstvennye zakupki v stroitel'stve – predlozheniya po sovershenstvovaniyu // Vestnik MGSU. 2022. T. 17. Vyp. 4. S. 501–515.

9. Zubova L.V., Korovin E.V., Nikitin Yu.A. Metodika kategorirovaniya potencial'no opasnyh riskov sistemy tekhnologicheskogo obespecheniya razrabotki i proizvodstva VVST // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ty GПС MCHS Rossii». 2021. № 1. S. 147–157.

10. Bychkov A.V., Zubova L.V. Metodika ocenivaniya urovnya riskoustojchivosti predpriyatij stroitel'noj otrasli pri nadzornom soprovozhdenii investicionno-stroitel'nyh proektov v interesah Minoborony // Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava. 2023. № 2 (ch. 2). 187–193.

11. Zvyagina E.M. Vliyanie urovnya informirovannosti na buhgalterskij risk // Formirovanie elektronnoj kul'tury v processe nepreryvnogo obrazovaniya: problemy i perspektivy: sb. nauch. trudov uchastnikov Mezhdunar. mezhdisciplin. konf. SPb., 2015. S. 85–94.

12. Celykovskih A.A., Nikitin Yu.A., Zubov A.O. Metodika prognozirovaniya stoimosti processa razrabotki obrazca vooruzheniya, voennoj i special'noj tekhniki na osnove proektного podhoda s uchetom neopredelyonnosti stoimostnyh dannyh // Vestnik Ekaterininskogo instituta. 2022. № 3 (59). S. 59–65.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 28.08.2023; одобрена после рецензирования: 22.09.2023;  
принята к публикации: 25.09.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 28.08.2023; approved after review: 22.09.2023;  
accepted for publication: 25.09.2023

*Информация об авторах:*

**Асташенко Александра Николаевна**, преподаватель кафедры экономической безопасности Российского университета кооперации (141014, Москва, ул. Веры Волошиной, д. 12) e-mail: padfeet@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-6234-4215>, SPIN-код: 6294-3975

*Information about the authors:*

**Astashenko Alexandra N.**, teacher of the department of economic security of the Russian university of cooperation (141014, Moscow, st. Vera Voloshina, 12), e-mail: padfeet@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-6234-4215>, SPIN: 6294-3975

Научная статья

УДК 004.622:519.81; DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-152-163

## **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

✉ Ахунова Дарья Геннадьевна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ [shurakova.darya@bk.ru](mailto:shurakova.darya@bk.ru)

*Аннотация.* Предложена авторская имитационная модель, позволяющая лицу, принимающему решения, решать задачу размещения пожарно-спасательных подразделений на исследуемой территории. Модель основана на механизмах поиска оптимальных маршрутов следования пожарно-спасательных подразделений к месту вызова. Программная реализация модели позволяет визуализировать исследуемую территорию, разделенную на множество фрагментов, на предмет прикрытия её пожарно-спасательными подразделениями с учетом возможного времени доставки сил и средств. При оценке времени доставки сил и средств к местам возможных происшествий учитывались воздействия внешних факторов, таких как дорожные развязки, односторонние дороги, переезды, статистические пробки и ремонты дорог.

Исследование проводилось на территории Санкт-Петербурга. В результате проведенного моделирования было выявлено, что для полного покрытия территории города необходимы три новых подразделения, определены места их размещения.

*Ключевые слова:* имитационная модель, принятие решения, спасательные подразделения, пожарное депо, размещение, маршрут следования

**Для цитирования:** Ахунова Д.Г. Имитационная модель поддержки принятия решений по размещению пожарно-спасательных подразделений на территории Санкт-Петербурга // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 152–163. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-152-163.

Research article

## **SIMULATION MODEL FOR DECISION SUPPORT OF LOCATORING FIRE AND RESCUE UNITS IN SAINT-PETERSBURG**

✉ Akhunova Daria G.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ [shurakova.darya@bk.ru](mailto:shurakova.darya@bk.ru)

*Abstract.* The article proposes the author's simulation model, which allows the decision maker to solve the problem of locating fire and rescue units in the study area. The model is based on mechanisms for finding optimal routes for fire and rescue units to reach the call site. The software implementation of the model allows you to visualize the study area, divided into many fragments, with a view to covering it with fire and rescue units, taking into account the possible delivery time of forces and equipment. When estimating the time for delivery of forces and equipment to places of possible incidents, the influence of external factors, such as road junctions, one-way roads, crossings, statistical traffic jams and road repairs, was taken into account.

The study was conducted in the city of Saint-Petersburg. As a result of the modeling, it was revealed that to fully cover the city territory, three new divisions are needed, and their locations were determined.

*Keywords:* simulation model, decision making, rescue units, fire station, placement, route

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

**For citation:** Akhunova D.G. Simulation model for decision support of locating fire and rescue units in Saint-Petersburg // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 152–163. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-3-152-163.

## Введение

Последние годы характеризуются постоянным изменением инфраструктуры Санкт-Петербурга, происходит застройка новых территорий, появляются новые общественные пространства, развивается дорожная сеть города, повышается интенсивность транспортных потоков. Изменяющаяся внешняя среда оказывает влияние на условия функционирования пожарно-спасательных подразделений, увеличивая нагрузку на них. При этом модернизация структуры системы обеспечения пожарной безопасности города происходит с темпом, значительно уступающим темпу изменения факторов внешней среды, что не может не сказываться негативно на эффективности функционирования системы. Это приводит к частым нарушениям регламентированного интервала времени прибытия спасательных служб к месту вызова [1], являющегося важнейшим критерием эффективности их функционирования [2], от которого в значительной степени зависит размер потенциального материального ущерба от пожаров и чрезвычайных ситуаций, а также количество возможных человеческих жертв [3, 4].

Одно из возможных решений проблемы обеспечения нормативного времени прибытия сил и средств подразделений лежит в области повышения качества управления за счет оптимизации городского территориального распределения подразделений МЧС России [5, 6], что возможно реализовать исключительно на основе научного подхода с использованием средств моделирования [7].

С этой целью в настоящей статье предлагается имитационная модель поддержки принятия решений по размещению подразделений МЧС России на территории Санкт-Петербурга, использующая современные геоинформационные технологии и соответствующий математический аппарат [8, 9]. Модель реализована в виде специального программного средства, позволяющего на основе оценки зон прикрытия территорий проводить расчеты точного расположения подразделений на карте города, а также рекомендовать решения по оптимальному размещению существующих подразделений [10, 11].

## Методы исследования

Проведенные ранее исследования позволили установить факторы, влияющие на время следования к месту происшествий сил и средств экстренных служб [12, 13], учет которых позволяет обеспечить адекватность исходных данных при моделировании:

- некоторая специализированная техника обладает большими габаритами, малой мобильностью и невысокой скоростью передвижения;
- некоторые районы города обладают специфической застройкой, которая в случае происшествия будет требовать привлечения специализированной техники;
- при выборе пути следования необходимо учитывать следующие факторы: систематические пробки на определенных участках дорог; погодные условия; перегруженность транспортной сети; график проводимых ремонтных работ на дорогах; наличие разрушений и других препятствий на маршрутах движения;
- уровень профессиональной подготовки сотрудников;
- надежность спасательного оборудования;
- наличие передовых средств коммуникации.

В реальных условиях, когда пожарный расчет следует к месту происшествия, личный состав подразделений, как правило, не владеет актуальной информацией о дорожной ситуации, поэтому выбор маршрута должен исходить из возможности гибкого маневрирования.

Заблаговременный обход сложных участков дороги может обеспечить своевременную доставку спасательных служб к месту вызова в пределах установленного нормативного времени, поэтому выбор маршрута должен исходить из возможности его мгновенной корректировки.

Анализ данных количества пожаров и погибших на них людей на территории Санкт-Петербурга за последние годы позволил выявить положительную динамику снижения этих показателей, хотя при этом уровень показателей все равно остается на достаточно высоком уровне, что требует внедрения эффективных решений.

Оценка основных пожарных рисков в Санкт-Петербурге за период 2017–2022 гг. позволила получить следующие показатели (табл. 1). В данной табл. 1 представлены следующие показатели:  $R_1$  – риск столкнуться с пожаром за единицу времени;  $R_2$  – риск погибнуть при происшествии;  $R_3$  – риск гибели в результате пожара за единицу времени. Данный показатель рассчитывается перемножением первых двух показателей.

Таблица 1

### Основные пожарные риски в Санкт-Петербурге за период 2017–2022 гг.

Год	Население, тыс. чел.	Количество пожаров, ед.	Количество погибших при пожарах, чел.	$R_1$	$R_2$	$R_3$
2017	5 281 579	2 985	286	1,05	9,40	9,87
2018	5 351 935	2 820	274	1,04	9,57	9,96
2019	5 383 890	2 703	262	0,99	9,63	9,52
2020	5 398 064	2 482	245	0,90	9,68	8,70
2021	5 601 911	2 438	243	0,88	9,88	8,70
2022	5 607 916	2 323	232	0,84	9,91	8,30

Исходя из результатов, представленных в табл. 1, можно сделать следующие выводы:

- прослеживается положительная динамика снижения общего количества пожаров (-9 %) и числа погибших (-18 %);
- произошло увеличение численности населения Санкт-Петербурга (+5,4 %);
- риск  $R_1$  (столкнуться с пожаром) уменьшился на 8,3 %, в то время как риск  $R_2$  (погибнуть при пожаре) вырос на 8,1 %.

Таким образом, несмотря на наметившийся общий благоприятный вектор развития пожарной обстановки в Санкт-Петербурге (снижение количества пожаров и числа погибших), замечен стабильный рост пожарного риска  $R_2$ , что еще раз подтверждает актуальность задачи поиска решений обеспечения оперативности прибытия пожарных подразделений к местам происшествий.

Проведен анализ распределения очагов пожаров на территории Санкт-Петербурга за последние девять месяцев (данные получены из раздела «Сводка ЧС и происшествий» с официального сайта Главного управления МЧС России). По результатам анализа составлена тематическая карта, на которой точками отмечены сгустки очагов пожаров (рис. 1).

Так, на территории города за этот период произошло 1 710 пожаров, наиболее сложными по пожарной обстановке оказались Адмиралтейский, Выборский и Курортный р-ны (табл. 2). Самое низкое значение показателя количества пожаров оказалось в Кронштадтском р-не.

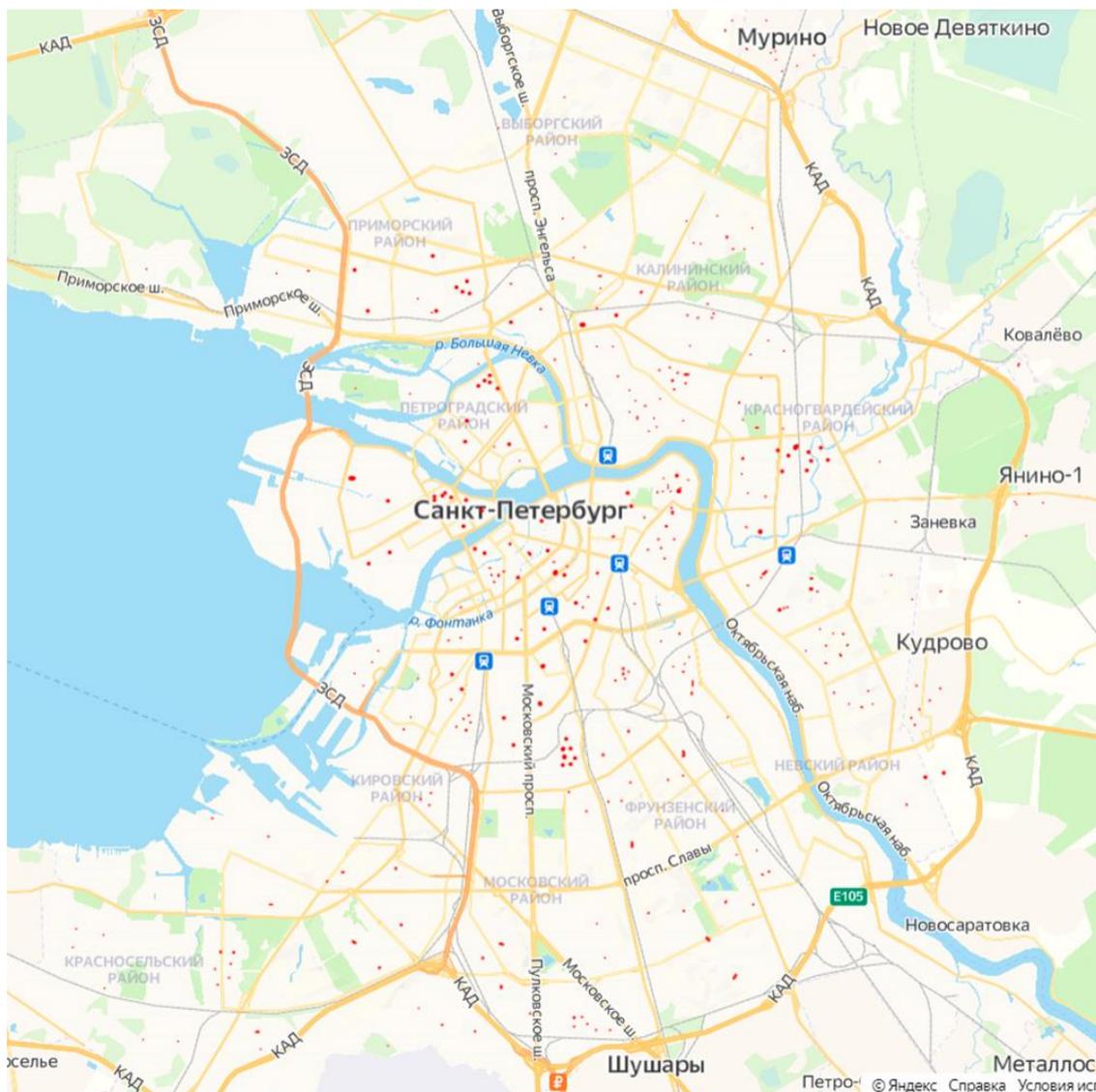


Рис. 1. Распределение очагов пожаров

Таблица 2

Распределение пожаров по районам города и времени суток

Район	Количество пожаров	%	День, ч		Ночь, ч	
			с 6:00 до 00:00		с 0:00 до 06:00	
Адмиралтейский	230	13,45 %	160	69,57 %	70	30,43 %
Курортный	140	8,19 %	60	42,86 %	80	57,14 %
Василеостровский	110	6,43 %	80	72,73 %	30	27,27 %
Выборгский	140	8,19 %	60	42,86 %	80	57,14 %
Пушкинский	60	3,51 %	20	33,33 %	40	66,67 %
Кировский	80	4,68 %	30	37,50 %	50	62,50 %
Колпинский	100	5,85 %	70	70,00 %	30	30,00 %
Фрунзенский	110	6,43 %	60	54,55 %	50	45,45 %
Красногвардейский	40	2,34 %	30	75,00 %	10	25,00 %
Кронштадтский	30	1,75 %	20	66,67 %	10	33,33 %
Московский	90	5,26 %	30	33,33 %	60	66,67 %
Невский	130	7,60 %	80	61,54 %	50	38,46 %
Петроградский	50	2,92 %	40	80,00 %	10	20,00 %
Красносельский	50	2,92 %	20	40,00 %	30	60,00 %

Район	Количество пожаров	%	День, ч		Ночь, ч	
			с 6:00 до 00:00		с 0:00 до 06:00	
Петродворцовый	80	4,68 %	60	75,00 %	20	25,00 %
Приморский	60	3,51 %	30	50,00 %	30	50,00 %
Калининский	110	6,43 %	50	45,45 %	60	54,55 %
Центральный	100	5,85 %	70	70,00 %	30	30,00 %
Всего	1710	100 %				

Результаты анализа наглядно демонстрируют, что около 70 % всех пожаров происходит в дневное время с 06:00 до 00:00 ч. Из этого следует, что в большинстве случаев учет факторов плотного автомобильного потока и наличия пробок во время доставки сил и средств подразделений имеет большое значение.

В личный состав гарнизона пожарной охраны Санкт-Петербурга составляет более 18 000 чел., из которых около 15 % находится на суточном дежурстве. В структуру пожарно-спасательных депо входит 800 ед. пожарной и специализированной техники, распределенной по спектру подразделений различной юридической принадлежности, место дислокации которых представлено на рис. 2.

На рис. 2 кружками разных цветов отмечены пожарно-спасательные подразделения следующих разновидностей:

- синие кружки (городские части);
- бордовые кружки (федеральные части);
- зелёные кружки (ведомственные и объектные части);
- черные кружки (добровольная пожарная охрана);
- серые кружки (не введенные в эксплуатацию депо, которые находятся на одном из следующих этапов: обоснование создания, проектирование, строительство, сдача объекта).

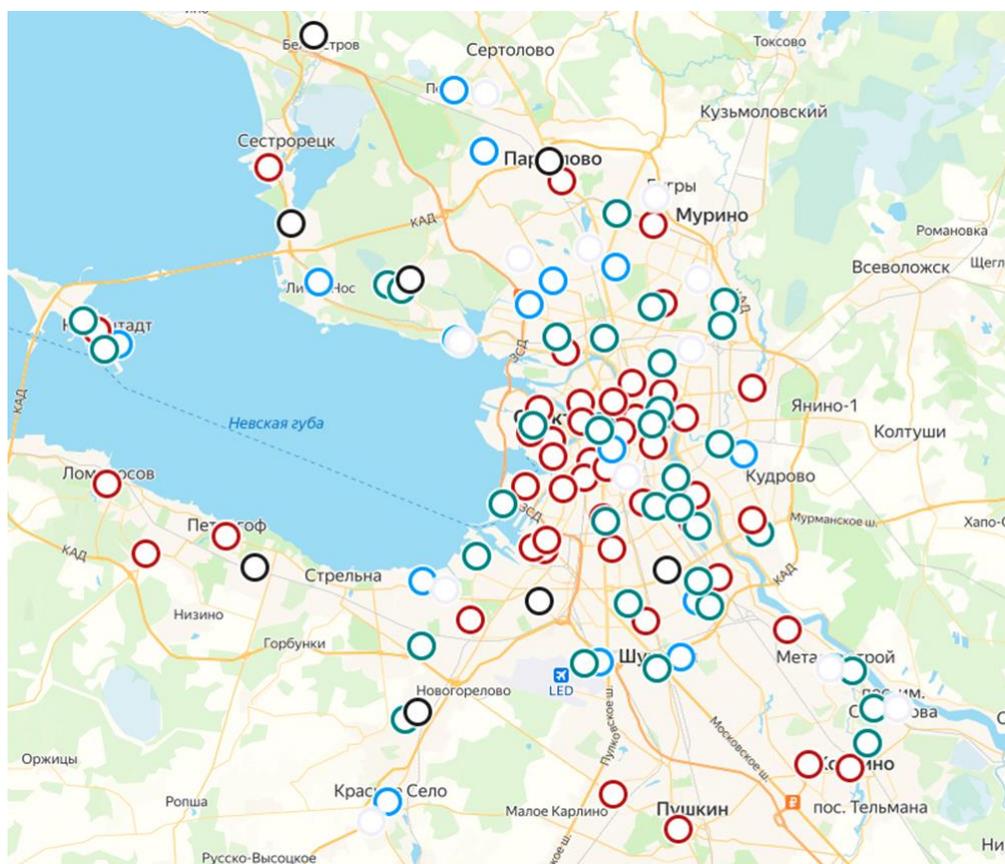


Рис. 2. Визуально-пространственное представление расположения пожарно-спасательных частей

Анализ карты дислокации пожарно-спасательных подразделений позволяет сделать вывод о неравномерности их распределения, наиболее удалённые объекты защиты на территории города находятся на расстоянии примерно 10–12 км от пожарных частей, что несет значительные риски несвоевременного прибытия сил и средств. Учитывая состояние дорожного полотна и количество пробок и аварий на территориях, можно сделать вывод, что сил и средств недостаточно для решения задач по ликвидации и предотвращению происшествий.

Как было отмечено выше, важнейшим показателем эффективности функционирования подразделений МЧС России является скорость доставки сил и средств к месту происшествия. Динамика значений среднего времени прибытия первого пожарного подразделения по Санкт-Петербургу к месту вызова за 2013–2022 гг. представлена на рис. 3.

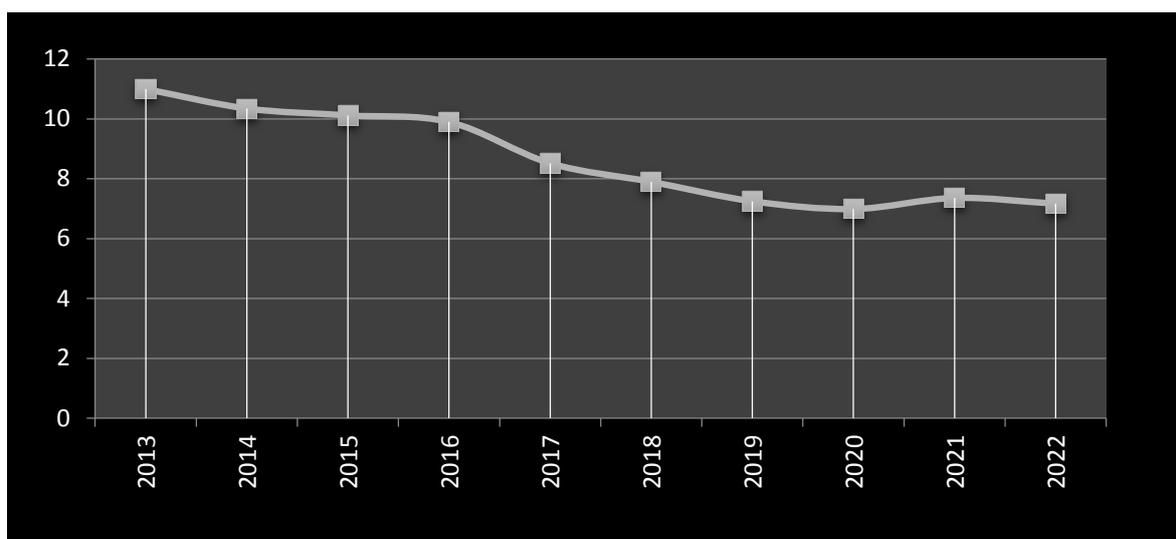


Рис. 3. Динамика среднего времени прибытия (мин) первого пожарного подразделения к месту вызова

Несмотря на положительную динамику снижения времени прибытия сил и средств, достигнутый уровень не оказывает значимого влияния на вероятность гибели человека на пожаре (риск  $R_2$ ). Согласно проведенным ранее исследованиям в период времени 2–15 мин с начала происшествия уровень риска  $R_2$  остается практически постоянным и имеет среднее значение – восемь пострадавших на 100 пожаров. Далее, в период 16–20 мин  $R_2$  возрастает. В связи с этим снижение  $R_2$  является актуальной задачей, которую представляется возможным решить, в том числе за счет создания и оптимального размещения новых пожарных депо на территории города.

В этой связи предлагается использовать разработанную имитационную модель, реализованную в виде программного средства, для анализа прикрытия Санкт-Петербурга пожарно-спасательными подразделениями и принятия решения по оптимальному их размещению.

Имитационное моделирование включает в себя выполнение следующих этапов:

1. Фрагментация анализируемой территории на множество квадратов со сторонами в 1 км.
2. Поиск кратчайшего маршрута до пожарно-спасательного подразделения.
3. Окрашивание каждого прямоугольника в цвет согласно следующим правилам:
  - зеленый (достижение края анализируемого квадрата в течение 5 мин);
  - жёлтый (достижение края анализируемого квадрата в течение 10 мин);
  - красный (достижение края анализируемого квадрата в течение 18 мин);
  - чёрный (выход за пределы – 18 мин).

Далее, лицо, принимающее решение (ЛПР), может визуальнo оценить прикрытие территорий и выявить гипотетические области неприкрытия.

На усмотрение ЛПР в местах визуального неприкрытия территории расставляются места возможного нового размещения депо спасателей, после чего этапы 2–3 повторяются до достижения требуемого результата.

### Результаты исследования и их обсуждение

С помощью предложенной имитационной модели проведены расчеты, которые показали следующий результат, представленный на рис. 4.

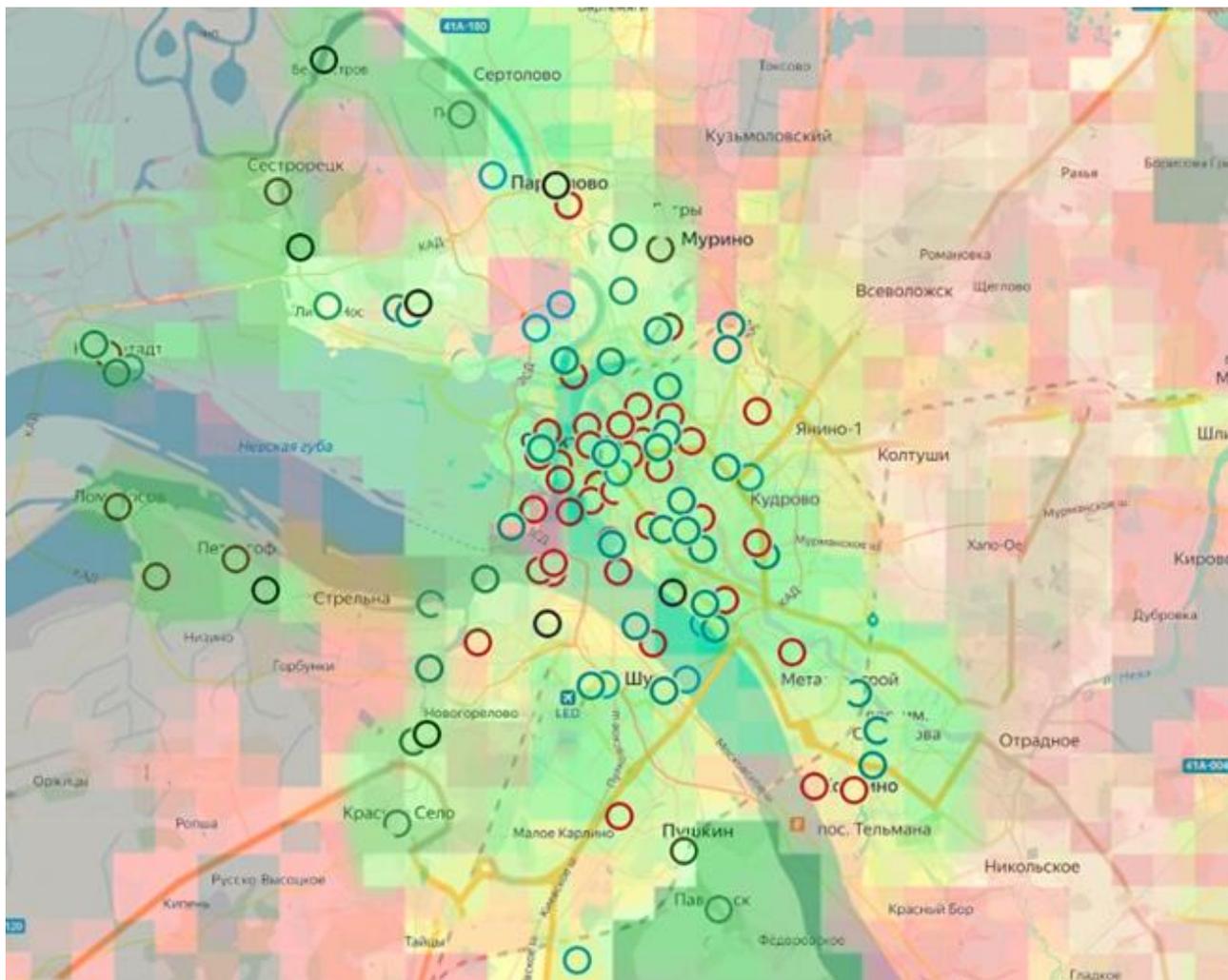


Рис. 4. Результат работы имитационной модели

На данном этапе уже визуальнo можно наблюдать участки территории со слабым прикрытием. В модели реализована функция ручного моделирования, которая активизируется нажатием кнопки мыши на произвольном фрагменте карты. После активации выбранная точка на карте становится гипотетическим очагом возгорания, к которому прокладывается маршрут от трех ближайших пожарных депо. Результаты вычислений отображаются непосредственно под картой (рис. 5).

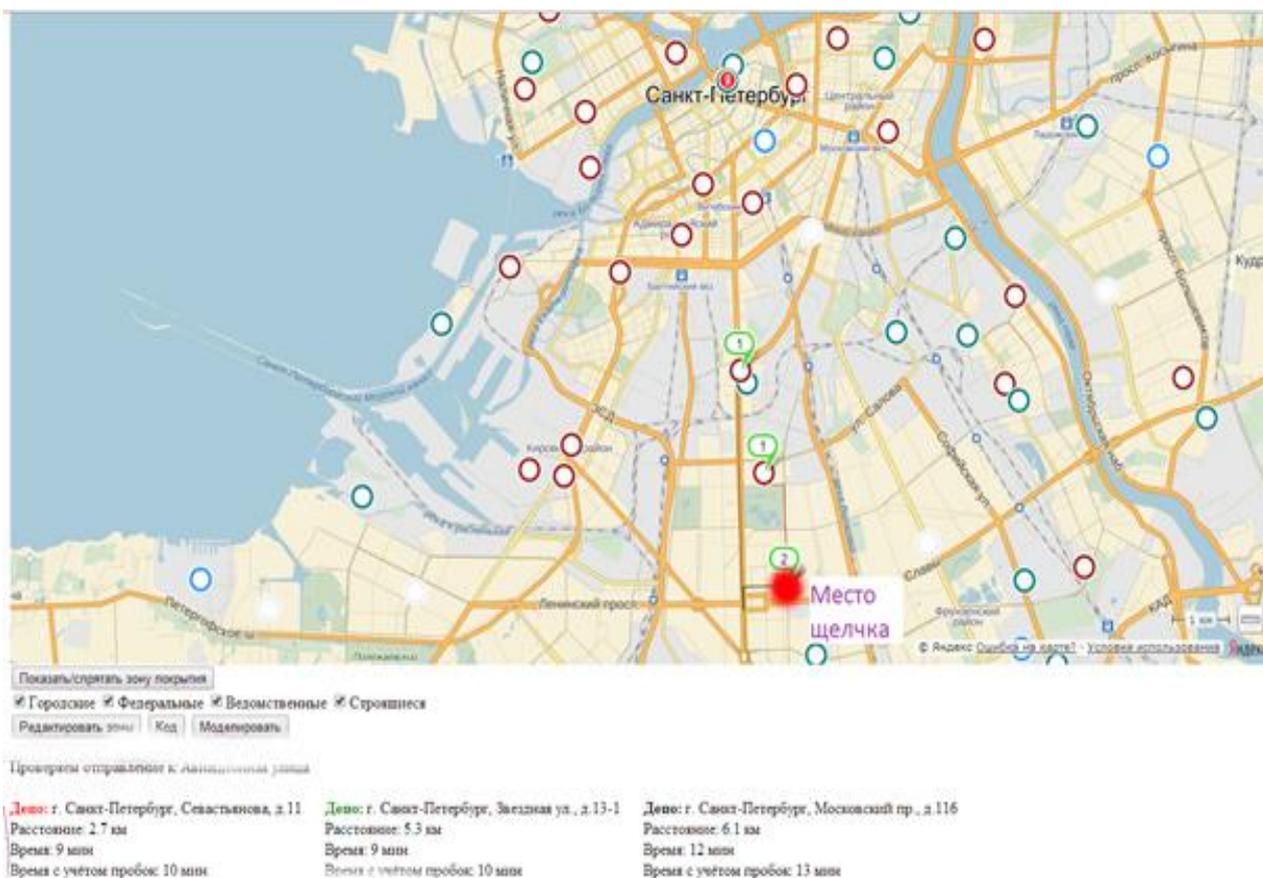


Рис. 5. Результат расчетов

В перечень информации, предоставляемой ЛПР, о трех ближайших подразделениях также входит:

- расстояние до места вызова;
- время в пути без учета внешних факторов;
- время в пути с учетом пробок.

Также модель обладает следующим функционалом:

- демонстрация зон покрытия (кнопка «показать/скрыть зону покрытия»). Демонстрация зон покрытия помогает лучше понять территории ответственности различных пожарно-спасательных подразделений (рис. 6);

- редактирование зон покрытия (кнопка «редактировать зоны»). Позволяет редактировать старые или добавлять новые зоны;

- изменение геоинформационных данных.

В результате трех итераций с имитационной моделью были определены ориентировочные места дислокации трех предлагаемых к созданию пожарно-спасательных подразделений:

- п. Ольгино, северо-восточнее д. 49 А по ул. 3-я Конная Лахта (Приморский р-он Санкт-Петербурга);
- восточнее пересечения Ропшинского ш. с ул. Демьяна Бедного (Петродворцовый р-он Санкт-Петербурга);
- юго-восточнее пересечения бул. Новаторов с Дачным пр. (Кировский р-он Санкт-Петербурга).

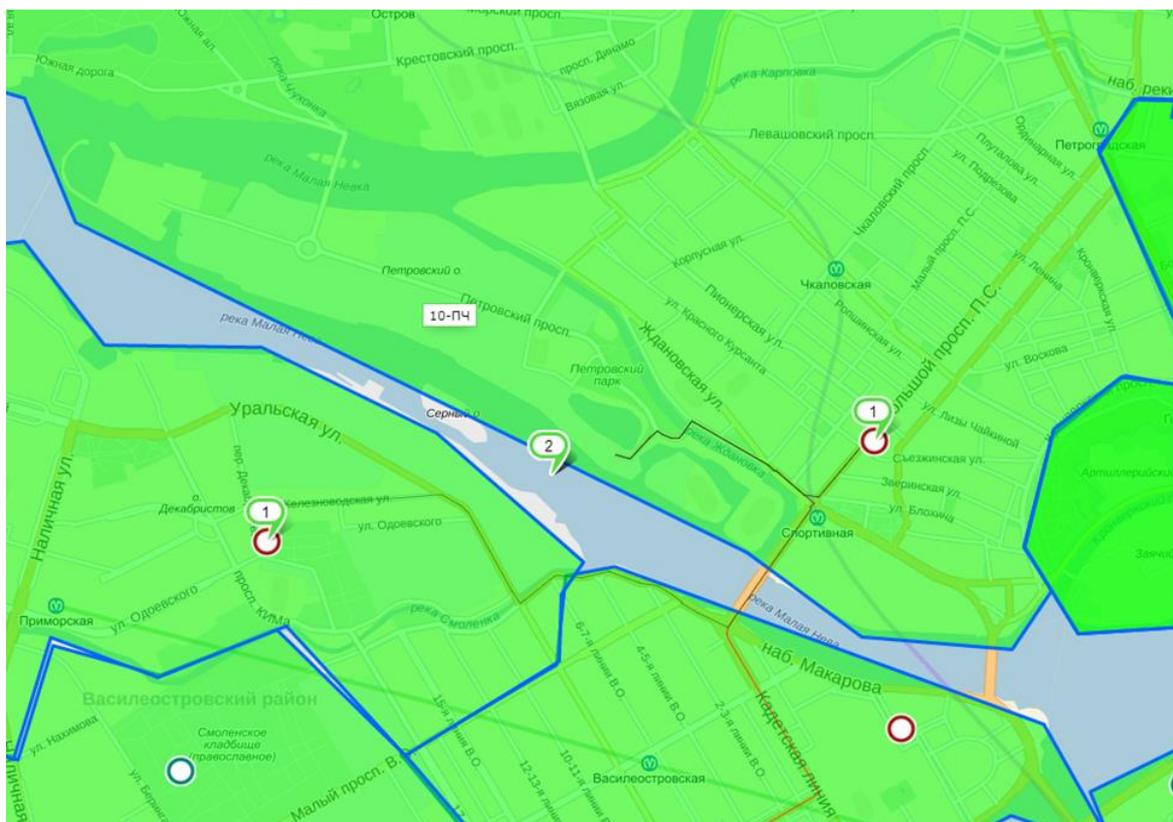


Рис. 6. Пример зон покрытия

Далее была проведена верификация полученных результатов имитационного моделирования, для чего была использована существующая аналитическая модель, применяемая для определения числа пожарных депо [14]:

$$N_{\text{ПД}} = \frac{\alpha k_{\text{н}}^2 S_{\text{общ.}}}{v_{\text{ср.дв.}}^2 \tau_{\text{ср.сл.}}} + \beta \lambda \tau_{\text{ср.зан.}} ,$$

где  $N_{\text{ПД}}$  – требуемое количество подразделений;  $k_{\text{н}}$  – безразмерный коэффициент не прямолинейности уличной сети, который вычисляется с помощью следующей формулы:

$$k_{\text{н}} = L_{\text{ф}} / L_0 ,$$

где  $L_{\text{ф}}$  – фактическая длина поездки между пунктами города;  $L_0$  – расстояние между пунктами по воздушной линии. Для Санкт-Петербурга  $k_{\text{н}}=1,22$ ;  $S_{\text{общ.}}$  – площадь города, км<sup>2</sup>;  $\alpha, \beta$  – частные коэффициенты;  $v_{\text{ср.дв.}}$  – средняя скорость доставки сил и средств, км/мин;  $\tau_{\text{ср.сл.}}$  – среднее время доставки сил и средств, мин;  $\lambda$  – количество тревожных вызовов в час;  $\tau_{\text{ср.зан.}}$  – среднее время работы спасателей на одном происшествии, ч.

С помощью эмпирического исследования получены следующие значения коэффициентов:  $\alpha=0,36$ ,  $\beta=0,36$  и  $\lambda=3$ . Средняя скорость доставки сил и средств к месту вызова (по городу)  $v_{\text{ср.дв.}}=0,45$  км/мин.

По данным Главного управления МЧС России по Санкт-Петербургу на 5 июля 2023 г. имеем значение для всей территории города: ( $S_{\text{общ.}} = 67,4$  км<sup>2</sup>),  $\tau_{\text{ср.зан.}} = 0,45$  и  $\tau_{\text{ср.сл.}} = 6,64$ . Тогда:

$$N_{\text{ПД}} = \frac{0,36 \times 1,18^2 \times 67,4}{0,6^2 \times 6,64^2} + 1,3 \times 2 \times 0,37 = 3,092.$$

Таким образом, в Санкт-Петербурге дополнительно требуется три пожарных депо, что соответствует полученным результатам при проведении имитационного моделирования. Полученные результаты подтверждают работоспособность и адекватность предлагаемой имитационной модели.

### Заключение

Представленная в настоящей статье имитационная модель основана на механизмах поиска оптимальных маршрутов следования пожарно-спасательных подразделений к месту вызова, что позволяет визуализировать карту исследуемого объекта с демонстрацией неприкрытых или слабо прикрытых районов города. Также модель способна распознавать дорожные развязки, односторонние дороги, проезды, демонстрировать маршрут к зоне активного горения от ближайшего подразделения.

В результате моделирования территории Санкт-Петербурга были сделаны выводы, что для полного прикрытия территории не хватает трех пожарных подразделений, которые необходимо разместить по следующим адресам: (п. Ольгино, северо-восточнее д. 49 А по ул. 3-я Конная Лахта, Приморский р-он Санкт-Петербурга; восточнее пересечения Ропшинского ш. с ул. Демьяна Бедного, Петродворцовый р-он Санкт-Петербурга; юго-восточнее пересечения бул. Новаторов с Дачным пр., Кировский р-он Санкт-Петербурга).

*Работа выполнена при поддержке Комитета по науке и высшей школе в рамках гранта молодыми учеными, молодыми кандидатами наук вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга.*

### Список источников

1. Вострых А.В. Анализ инновационных технологий, обеспечивающих безопасность граждан в техносферных системах // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сб. статей по материалам XVII Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, 2021. С. 205–210.
2. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 30–34. EDN VHNSPZ.
3. Очередыко М.В., Рыбаков А.В., Белоусов Р.Л. О результатах системного анализа оперативности реагирования центра управления в кризисных ситуациях при ликвидации чрезвычайных ситуаций // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 2 (41). С. 51–60. EDN DBFWGT.
4. Воднев С.А., Матвеев А.В. Оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 2 (50). С. 110–117. EDN XDDTYZ.
5. Шофеев Т.Г., Сафарова С.Ю., Матвеев А.В. Модель и алгоритм оптимального распределения ресурсов подразделений МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 2. С. 125–133. EDN NBPXIL.
6. Серапинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. М.: ИКФ «Каталог», 2002. 106 с.
7. Бутырский Е.Ю., Матвеев А.В. Математическое моделирование систем и процессов. СПб.: Информ. изд. учеб.-науч. центр «Стратегия будущего», 2022. 733 с. DOI: 10.37468/book\_011222. EDN CCRIRT.
8. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. М.: МГУ, 2007.
9. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. М., 2006. 16 с.
10. Шуракова Д.Г., Вострых А.В. Компоненты специальной информационной технологии построения оптимальных маршрутов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018): VII Междунар. науч.-техн.

и науч.-метод. конф.: сб. науч. статей. СПб: С.-Петерб. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2018. Т. 2. С. 213–218. EDN XWFTRB.

11. Шуракова Д.Г., Буйневич М.В., Вострых А.В. Двухуровневая кластеризация субоптимальных зон прикрытия г. Костромы подразделениями МЧС России при возникновении происшествий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 2. С. 121–127.

12. Решение задачи выбора оптимального маршрута следования сил и средств подразделений МЧС России к месту возникновения происшествий с помощью алгоритма Дейкстры / М.В. Буйневич [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 68–79.

13. Чирков А.Н., Малинин Р.С., Пономарев А.И. Анализ факторов и условий, влияющих на время следования спасательного центра МЧС России в зону чрезвычайной ситуации // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 4 (43). С. 112–123. EDN ТОВУХО.

14. Об утверждении методик расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны: приказ МЧС России от 15 окт. 2021 г. № 700. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

### References

1. Vostryh A.V. Analiz innovacionnyh tekhnologij, obespechivayushchih bezopasnost' grazhdan v tekhnosfernyh sistemah // Kompleksnye problemy tekhnosfernoj bezopasnosti. Nauchnyj i prakticheskiy podhody k razvitiyu i realizacii tekhnologij bezopasnosti: sb. statej po materialam XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh, 2021. S. 205–210.

2. Krupkin A.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Metodika ocenki effektivnosti upravleniya silami i sredstvami garnizona pozharnoj ohrany // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 30–34. EDN VHNSPZ.

3. Ochered'ko M.V., Rybakov A.V., Belousov R.L. O rezul'tatah sistemnogo analiza operativnosti reagirovaniya centra upravleniya v krizisnyh situacijah pri likvidacii chrezvychajnyh situacij // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2019. № 2 (41). S. 51–60. EDN DBFWGT.

4. Vodnev S.A., Matveev A.V. Ocenka effektivnosti reagirovaniya avarijno-spasatel'nyh sluzhb na chrezvychajnye situacii na transporte // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2019. № 2 (50). S. 110–117. EDN XDDTYZ.

5. Shofeev T.G., Safarova S.Yu., Matveev A.V. Model' i algoritm optimal'nogo raspredeleniya resursov podrazdelenij MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2023. № 2. S. 125–133. EDN NBPXIL.

6. Serapinas B.B. Global'nye sistemy pozicionirovaniya. M.: IKF «Katalog», 2002. 106 s.

7. Butyrskij E.Yu., Matveev A.V. Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov. SPb.: Inform. izd. ucheb.-nauch. centr «Strategiya budushchego», 2022. 733 s. DOI: 10.37468/book\_011222. EDN CCRIRT.

8. Voroncov K.V. Algoritmy klasterizacii i mnogomernogo shkalirovaniya. M.: MGU, 2007.

9. Kotov A., Krasil'nikov N. Klasterizaciya dannyh. M., 2006. 16 s.

10. Shurakova D.G., Vostryh A.V., Komponenty special'noj informacionnoj tekhnologii postroeniya optimal'nyh marshrutov // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2018): VII Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf.: sb. nauch. statej. SPb: S.-Peterb. gos. un-t telekkommunikacij im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, 2018. Т. 2. С. 213–218. EDN XWFTRB.

11. Shurakova D.G., Bujnevich M.V., Vostryh A.V. Dvuhurovnevaya klasterizaciya suboptimal'nyh zon prikritya g. Kostromy podrazdeleniyami MCHS Rossii pri vzniknovenii proisshestvij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 2. S. 121–127.

12. Reshenie zadachi vybora optimal'nogo marshruta sledovaniya sil i sredstv podrazdelenij MCHS Rossii k mestu vznikoveniya proisshestvij s pomoshch'yu algoritma Dejkstry / M.V. Bujnevich [i dr.] // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 3 (47). S. 68–79.

13. Chirkov A.N., Malinin R.S., Ponomarev A.I. Analiz faktorov i uslovij, vliyayushchih na vremya sledovaniya spasatel'nogo centra MCHS Rossii v zonu chrezvychajnoj situacii // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2019. № 4 (43). S. 112–123. EDN TOBYXO.

14. Ob utverzhdenii metodik rascheta chislennosti i tekhnicheskoy osnashchennosti podrazdelenij pozharnoj ohrany: prikaz MCHS Rossii ot 15 okt. 2021 g. № 700. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 28.08.2023; одобрена после рецензирования: 22.09.2023; принята к публикации: 25.09.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 28.08.2023; approved after review: 22.09.2023; accepted for publication: 25.09.2023

*Информация об авторах:*

**Ахунова Дарья Геннадьевна**, научный сотрудник отдела испытаний и разработки научно-технической продукции в области пожарной безопасности Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: shurakova.darya@bk.ru, SPIN-код: 4802-3758

*Information about the authors:*

**Akhunova Daria G.**, researcher of the department of testing and development of scientific and technical products in the field of fire safety Research institute of advanced research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovskiy ave., 149), e-mail: shurakova.darya@bk.ru, SPIN: 4802-3758

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский университет  
Государственной противопожарной службы Министерства Российской  
Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям  
и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской  
Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»**

**Научно-аналитический журнал  
«Вестник Санкт-Петербургского университета  
ГПС МЧС России»**

**№ 3 – 2023**

Редакторы  
И.В. Дмитриева,  
Л.В. Алексеева

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149