

ISSN 2307-7476

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ**  
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

**NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS**  
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

**№ 3 (43)–2022**

### **Редакционный совет**

**Председатель** – доктор химических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Ивахнюк Григорий Константинович**, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

**Заместитель председателя** – доктор технических наук, доцент **Зыбина Ольга Александровна**, заместитель начальника университета по научной работе.

**Заместитель председателя** (ответственный за выпуск журнала) – кандидат технических наук, доцент **Матвеев Александр Владимирович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий.

#### **Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Санкт-Петербургского ГУП «Горэлектротранс»;

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, директор Санкт-Петербургского Пожарно-спасательного колледжа;

кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, почетный работник науки и техники **Барбин Николай Михайлович**, ведущий научный сотрудник Уральского института ГПС МЧС России, директор Научно-исследовательского института физико-химических проблем и техносферной безопасности Государственного аграрного университета;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат педагогических наук, доцент **Клюй Валерий Владимирович**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

**Секретарь совета:**

майор внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, старший редактор отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

## **Редакционная коллегия**

**Председатель** – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

**Заместитель председателя** – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

**Члены редакционной коллегии:**

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Антюхов Валерий Иванович**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления;

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

**Секретарь коллегии:**

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



## СОДЕРЖАНИЕ

### **МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ**

- Mohammad Reza Moradi.** On the impact of knowledge commercialization on quality, profitability and green culture in oil industry startup and exploitation company..... 4
- Житникова Т.С., Бызов А.П.** Оценка потенциального риска для аварий, связанных с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков для Санкт-Петербурга..... 12
- Остудин Н.В., Аполинов А.А., Свистков А.С.** Системный анализ процесса оценки деятельности должностных лиц оперативно-дежурных служб (на примере Национального центра управления в кризисных ситуациях)..... 21
- Лабинский А.Ю.** О применимости нечеткой логики в решении задач оптимизации..... 29
- Колеров Д.А., Потапов А.И., Уткин О.В.** Комплексный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте..... 38

### **ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

- Nasirian Vahid.** Economic load dispatch in power grids including wind farms from a reliability upgrading perspective..... 47
- Вострых А.В., Матвеев А.В., Медведева А.А., Попивчак И.И.** Требования к разработке интерфейса мобильного приложения для взаимодействия с экстренными службами в условиях чрезвычайной ситуации..... 58
- Информационная справка**..... 68
- Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)**..... 72

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)», без письменного разрешения редакции не допускается

**ББК Ц.9.3.2**  
**УДК 504+614.8(051.2)**

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

**ISSN 2307-7476**

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2022

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

## О ВЛИЯНИИ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ НА КАЧЕСТВО, ПРИБЫЛЬНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ КУЛЬТУРУ В НОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОМПАНИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

✉ Мохаммад Реза Моради.

Исламский университет Азад, Кордестан, Иран

✉ [mr.moradi4@yahoo.com](mailto:mr.moradi4@yahoo.com)

*Аннотация.* «Зеленое» производство – это стратегия, выбранная для устойчивого развития окружающей среды. Ее главная цель – повысить производительность и социально-экономическое развитие таким образом, чтобы обеспечить защиту и безопасность окружающей среды. Статистическая база настоящего исследования включает сотрудников начинающей промышленной компании Mehran Oil Industries. Для сбора статистической информации был использован метод анкетирования. При оценивании уровня коммерциализации знаний в компании был использован анкетный опрос Kheirandish и др. (2017), для оценивания «зеленого» производства анкетный опрос Gandhi и др. (2016). Чтобы оценить согласованность и надежность опросника рассчитывалась его валидность с учетом мнений экспертов и альфа-коэффициент Кронбаха (0,91). Результаты показали, что коммерциализация знаний оказывает положительное и значительное влияние (0,89) на экологическое производство в компании. Коммерциализация знаний оказывает положительное и значительное влияние на тенденцию к сохранению окружающей среды (0,93), управление сокращением отходов (0,96), управление оборудованием и сырьем (0,87), качество и прибыль (0,89), «зеленую» культуру (0,69) в компании.

*Ключевые слова:* коммерциализация знаний, «зеленое» производство, нефтяная промышленность Мехрана

**Для цитирования:** Мохаммад Реза Моради. О влиянии коммерциализации знаний на качество, прибыльность и экологическую культуру в новой производственной компании нефтяной промышленности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 4–11.

## ON THE IMPACT OF KNOWLEDGE COMMERCIALIZATION ON QUALITY, PROFITABILITY AND GREEN CULTURE IN OIL INDUSTRY STARTUP AND EXPLOITATION COMPANY

✉ Mohammad Reza Moradi.

Islamic Azad university, Kordestan, Iran

✉ [mr.moradi4@yahoo.com](mailto:mr.moradi4@yahoo.com)

*Abstract.* Green productivity is a strategy chosen for the sustainable development of the environment. Its main goal is to increase productivity and socio-economic development in a way that leads to protection and safety in the environment. The statistical population of the present research includes the employees of Mehran Oil Industries Start-up and Operation Company. We used simple random sampling method for sampling. On research variables, standard questionnaire was our way to collect information. We used the Kheirandish et al. (2017) questionnaire to measure the knowledge commercialization variable and the Gandhi et al. (2016) questionnaire to measure green productivity. To evaluate the validity of the questionnaire, we benefited from content validity through the opinion of experts and from Cronbach's alpha coefficient (0.91) to evaluate the reliability of the questionnaire. The results showed that knowledge

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022

commercialization has a positive and significant effect (0.89) on green productivity in the company. Knowledge commercialization has a positive and significant effect on the tendency to preserve the environment (0.93), waste reduction management (0.96), equipment and raw materials management (0.87), quality and profit (0.89), green culture (0.69) in the company.

*Keywords:* knowledge commercialization, green productivity, Mehran oil industries

**For citation:** Mohammad Reza Moradi. On the impact of knowledge commercialization on quality, profitability and green culture in oil industry startup and exploitation company // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2022. № 3 (43). P. 4–11.

### *Introduction*

Nowadays, knowledge is one of the main factors in creating wealth, ability and knowledge of countries and is a powerful tool in national development. Knowledge and skills are the main sources of value added in the modern economy. The knowledge commercialization and the creation of fundamental reforms has become inevitable in the mission, structure, process and culture of organizations in order to institutionalize it as a topic of interest for developing and developed countries (Alnata et al., 2015). Knowledge commercialization maintains the organization's capital and increases the ability to use new technologies (Soltani, 2018).

In today's competitive age, the success of organizations depends on their productivity. Productivity is the highest goal and the most valuable destination of managers. Increasing productivity is the most serious challenge that management faces at the beginning of the twenty-first century (Abtahi, 2016). One of its different types in organizations is green productivity, which has recently attracted the attention of many organizations. Due to its mission and the social responsibility of organizations towards the environment, green productivity is one of the most important indicators of organizational health and success of organizations (Yabin et al., 2015). Green productivity in industry does not emphasize only the change of technology, but focuses on efficient and optimal use of raw materials, energy and water in order to reduce waste production, attends to the environment in all stages of production or product life, and changes attitudes at all levels of the management (Fallah et al., 2015).

### *Theoretical foundations of research*

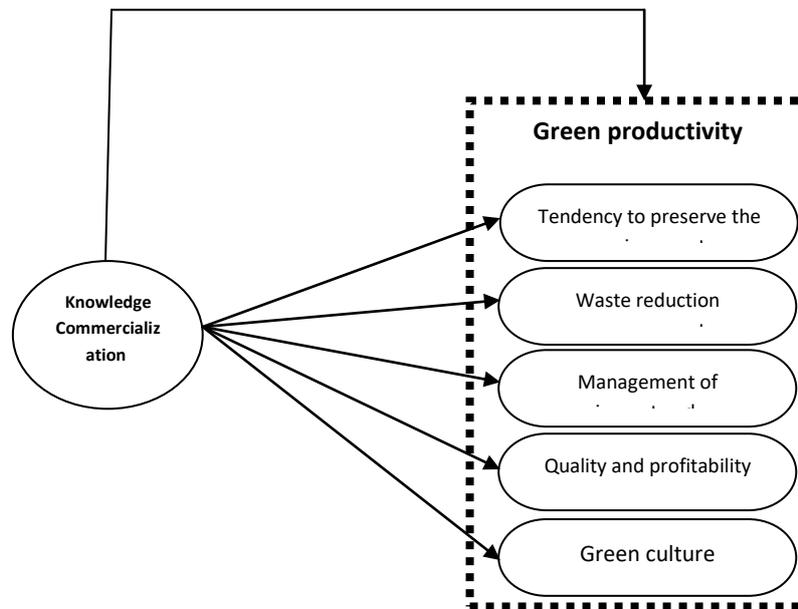
Knowledge commercialization.

Every organization has the knowledge through which it provides services and products. It is organizational knowledge that keeps the competitive characteristic of the organization in the market and ensures its survival. Since every organization is made up of individuals, organizational knowledge owes its constitution to personal knowledge. Knowledge as «personal knowledge» can be individual. As «group knowledge», we can find it in processes, rules, and work systems (Ismailpour et al., 2016). Organizational knowledge has the following characteristics (Harald et al., 2015):

Green productivity.

Green productivity is the use of appropriate technologies and proper management techniques in order to produce environmentally friendly goods and services and to increase productivity and profitability. In this regard, green productivity is constituted of the two principles of productivity and the environment. The principle of environmental accountability has created responsibility so that the responsibility for repairing the environmental damage is on the polluter.

Green productivity recognizes the importance of the principle that economic activity, whatever it may be, must be sustainable and profitable.



Pic. 1. Conceptual model of research (Khairandish et al. (2017) and Muharramnejad and Azarkamd (2009)

**Research Methods**

The present research is an applied research in terms of the purpose. In terms of the nature of the method, it is a descriptive survey. The statistical population of the present research consists of the employees of Mehran Oil Industries Start-Up and Exploitation Company, whose number is equal to 460 people. We selected 210 people for the sample according to Morgan table. Simple random sampling was our sampling method. We used the standard questionnaire to collect information.

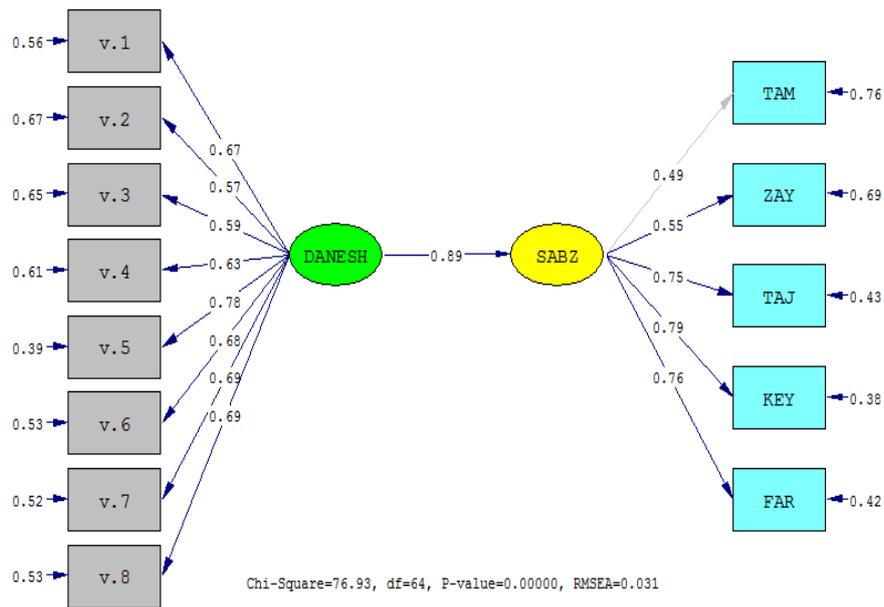
**Findings**

In the present research, we analyzed the data using structured equation technique and LISREL software. The normality of the data was confirmed by Kolmogorov-Smirnov test. In order to determine the sample adequacy, we used sampling adequacy index (Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett test. The sampling adequacy of the present research is in good condition.

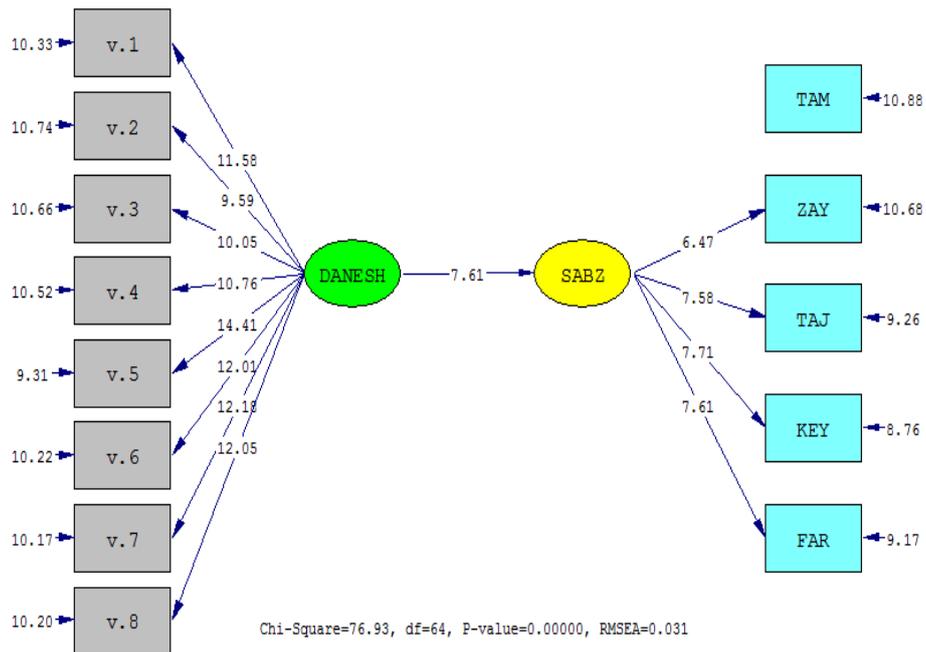
Table 1. Correlation matrix between independent and dependent variables

Variable	1	2	3	4	5	6
1. Tendency to preserve the environment	*	0.73	0.75	0.45	0.66	0.78
2. Waste reduction management	*	*	0.86	0.72	0.76	0.72
3. Management of equipment and raw materials	*	*	*	0.81	0.89	0.84
4. Quality and profitability	*	*	*	*	0.80	0.76
5. Green culture	*	*	*	*	*	0.81
6. Commercialization of knowledge	*	*	*	*	*	*

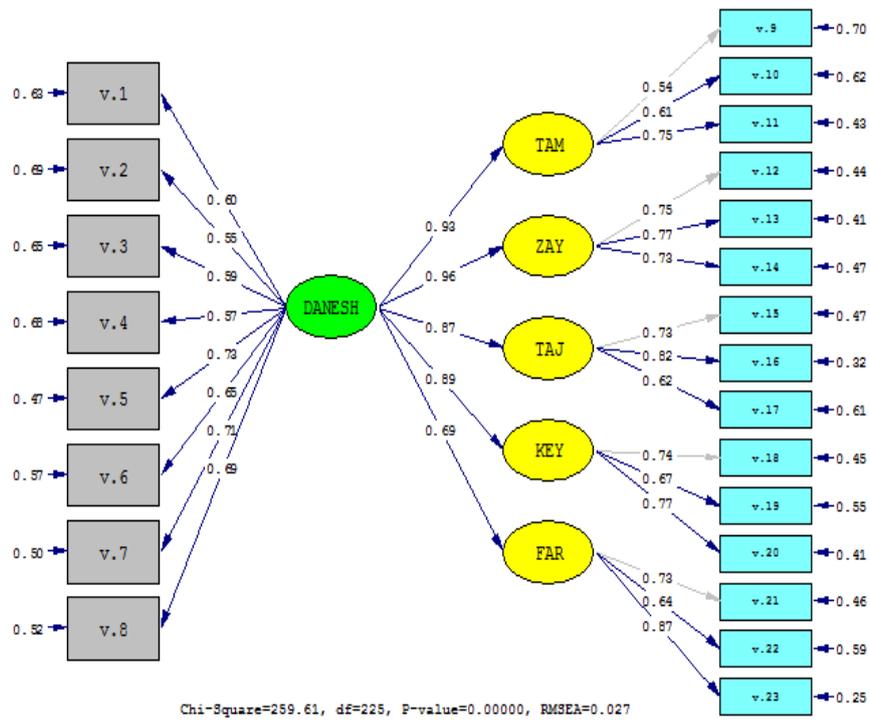
We give the model of the main hypothesis, in which the hypothesis is accepted or rejected according to the significance numbers.



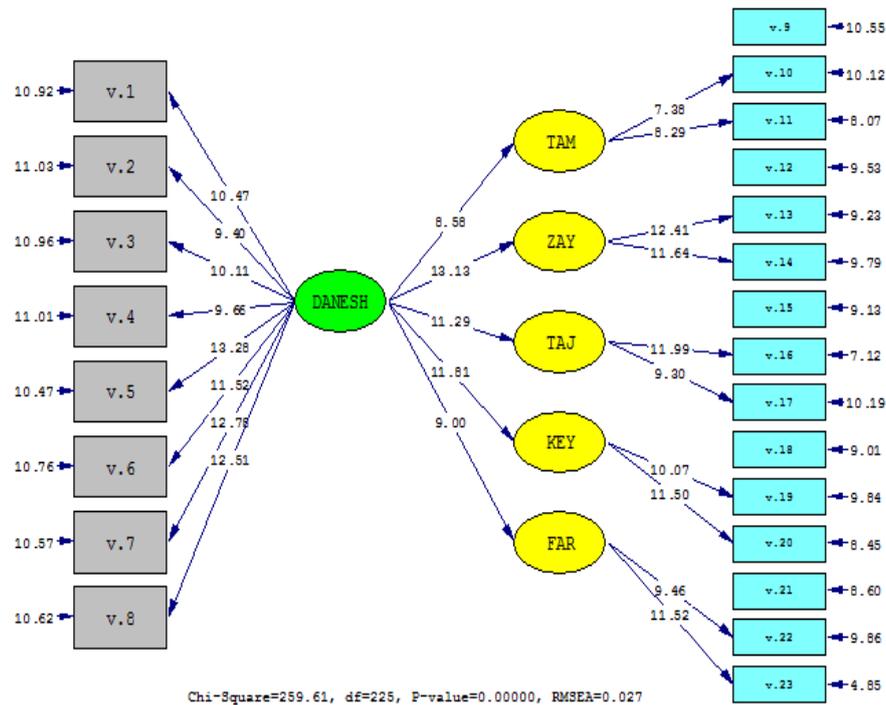
Pic. 2. Structural model of the research main hypothesis in standard estimation mode



Pic. 3. Structural model of the research main hypothesis in the case of significance coefficients



Pic. 4. Structural model of research sub-hypotheses in standard estimation mode



Pic. 5. Structural model of research sub-hypotheses in the case of significance coefficients

To assess the fitting of the model, we used special indicators. Tab. 2 provides the calculated amount of these indicators in comparison with the allowable value. The results indicate the optimal fitting of the model.

Table 2. Comparison of model goodness of fitting indices with allowable amount

Indices	Allowable amount	Calculated coefficients of the research main model	Result
GFI	Higher than 0.9	0.93	goodness of fit
AGFI	Higher than 0.9	0.99	goodness of fit
RMR		0.03	goodness of fit
NFI	Higher than 0.9	0.90	goodness of fit
IFI	Higher than 0.9	0.92	goodness of fit
Chi squared to degree of freedom	Below 3	1.20	goodness of fit
RMSEA	Lower than 0.08	0.031	goodness of fit

If the calculated coefficients are outside the allowable range, it means that the index is of poor fitting.

*Main Hypothesis: Knowledge commercialization has a significant effect on green productivity in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.*

H0 = Commercialization of knowledge has no significant effect on green productivity in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

H1 = Knowledge commercialization has a significant effect on green productivity in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

Tab. 3. Results of structural equation model analysis (research main hypothesis)

Standard coefficient	T-value	Independent variable	Dependent variable	Test result
0.89	7.61	Knowledge commercialization	Green productivity	H0 rejected

According to tab. 3, the standard coefficient between the two variables of knowledge commercialization and green productivity is equal to 0.89. According to the obtained t (7.61), it is greater than 1.96. So H0 is rejected and H1 is confirmed.

*First sub-hypothesis: Commercialization of knowledge has a significant effect on the tendency to preserve the environment in the Mehran Oil Industries Start-Up and Exploitation Company.*

H0 = Commercialization of knowledge has no significant effect on the tendency to preserve the environment in the Mehran Oil Industries Start-Up and Exploitation Company.

H1 = Commercialization of knowledge has a significant effect on the tendency to preserve the environment in the Mehran Oil Industries Start-Up and Exploitation Company.

Tab. 4. Results of structural equation model analysis (first sub-hypothesis of the research)

Standard coefficient	T-value	Independent variable	Dependent variable	Test result
0.93	8.58	Knowledge commercialization	Tendency to preserve environment	H0 rejected

According to tab. 4, the standard coefficient between the two variables of knowledge commercialization and the tendency to preserve the environment is equal to 0.93. Therefore, we can conclude that the commercialization of knowledge has a direct, positive and significant effect on the tendency to preserve the environment in the Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

*Second sub-hypothesis: Commercialization of knowledge has a significant effect on waste reduction management in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.*

H0 = Commercialization of knowledge has no significant effect on waste reduction management in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

H1 = Knowledge commercialization has a significant effect on waste reduction management in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

**Table 5. Results of structural equation model analysis (second sub-hypothesis of the research)**

Standard coefficient	T-value	Independent variable	Dependent variable	Test result
0.96	13.13	Knowledge commercialization	Management of waste reduction	H0 rejected

According to tab. 5, the standard coefficient between the two variables of knowledge commercialization and waste reduction management is equal to 0.96. According to the obtained t (13.13), it is greater than 1.96,

*Third sub-hypothesis: Commercialization of knowledge has a significant effect on the management of equipment and raw materials in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.*

H0 = Commercialization of knowledge has no significant effect on the management of equipment and raw materials in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

H1 = Commercialization of knowledge has a significant effect on the management of equipment and raw materials in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

**Tab. 6. Results of structural equation model analysis (third sub-hypothesis of the research)**

Standard coefficient	T-value	Independent variable	Dependent variable	Test result
0.87	11.29	Knowledge commercialization	Management of equipment & raw materials	H0 rejected

According to tab. 6, the standard coefficient between the two variables of knowledge commercialization and management of equipment and raw materials is equal to 0.87. According to the obtained t (11.29), it is greater than 1.96.

*First sub-hypothesis*

The coefficient between the two variables of knowledge commercialization and tendency to preserve the environment is equal to (8.58) and greater than 1.96 and the coefficient of impact of knowledge commercialization on the tendency to preserve the environment is equal to 0.93. Accordingly, the knowledge commercialization has a direct, positive and significant effect on the tendency to preserve the environment in the Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

*Second sub-hypothesis*

The coefficient between the two variables of knowledge commercialization and waste reduction management is equal to (13.13) and greater than 1.96, and the coefficient of impact of knowledge commercialization on waste reduction management is equal to 0.96. Accordingly, knowledge commercialization has a direct, positive and significant effect on waste management in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

*Third sub-hypothesis*

The coefficient between the two variables of knowledge commercialization and green culture is equal to (9.00) and greater than 1.96 and the coefficient of impact of knowledge commercialization on green culture is equal to 0.69. Accordingly, knowledge commercialization has a direct, positive and significant effect on green culture in Mehran Oil Industries Start-up and Exploitation Company.

Therefore, if the company take decisive steps to create green productivity, the efficiency and organizational productivity will potentially increase. Managers and employees must strive to build trust in the workplace because trust building actually is a route of access to the improvement and development of knowledge commercialization, and ultimately to the promotion of organizational agility and productivity. Increasing the level of people's participation helps improve green productivity. We recommend effective R&D to increase output by providing inputs without polluting the environment and producing waste and making better use of resources

### References

1. Abtahi Hossein. Productivity. Institute of Commercial Researches, 2-d ed. Institute of Labor and Social Security, 2016.
2. Zarei Matin Hassan. Role of Organizational Culture in Increasing Productivity // Journal of Zamineh. 1997. №№ 64, 65.
3. Soltani Fahimeh. Investigating the factors affecting technology commercialization and providing desirable working procedures in knowledge-based companies: MSc Thesis // Executive Management, Payame Noor University, Qeshm Center, 2018.
4. Identifying and ranking the components of green productivity management strategy with FAHP approach / Fallah Saber [et. al] // Quarterly Journal of Public Management Researches. 2016. № 8 (28). P. 167–191.
5. Identifying the challenges in commercializing high technology: A case study of quantum key distribution technology / AlNata A. [et. al] // Technology Innovation Management Review. 2015. № 5 (1). P. 26–36.
6. Gandhi M, Selladurai,V, Santhi,P. Green productivity indexing a practical step towards integrating environmental protection into corporate performance // International Journal of Productivity and Performance Management. 2016. № 7. Vol. 55.
7. Yabin zhang, Peizhen Jin, Di Feng. Does Civil environmental protection force the growth of china's industrial green productivity? Evidence from the perspective of rent-seeking // Journal of Ecological Indicators. 2015. P. 215–227.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию: 27.07.2022

Принята к публикации: 29.08.2022

### The information about article:

Article was received by the editorial office: 27.07.2022

Accepted for publication: 29.08.2022

### Информация об авторах:

**Мохаммад Реза Мореди**, кафедра промышленного менеджмента, гуманитарный факультет, филиал Санандай, Исламский университет Азад (Иран, Курдистан, Санандай, Пасдаран, а/я 618), e-mail: mr.moradi4@yahoo.com

### Information about the authors:

**Mohammad Reza Moradi**, Department of industrial management, Faculty of humanities, Sanandaj Branch, Islamic Azad university (Iran, Kurdistan, Sanandaj, Pasdaran, a/z 618), e-mail: mr.moradi4@yahoo.com

УДК 614.8.027.1

## **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАЗОВАНИЕМ ДРЕЙФУЮЩИХ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ПАРОГАЗОВЫХ ОБЛАКОВ ДЛЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

✉Татьяна Сергеевна Житникова;

Антон Прокопьевич Бызов.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

✉[zhitnikova\\_ts@spbstu.ru](mailto:zhitnikova_ts@spbstu.ru)

*Аннотация.* Целью данной статьи является совершенствование методики оценки потенциального риска для аварий с участием взрывопожароопасных парогазовых дрейфующих облаков с учетом процесса изменения взрывоопасной части облака топливовоздушной смеси. Для достижения цели исследования в работе были использованы методы: анализ, сравнение, синтез, конкретизация, обобщение, формализация, аналогия, моделирование, построение гипотезы и изучение литературы, документов и результатов деятельности. Результатом работы является усовершенствованная методика оценки потенциального риска для аварий, связанных с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков, с учетом изменения массы облака топливно-воздушной смеси при его дрейфе при расчетах значения потенциального риска на конкретной территории. Полученные результаты можно применять при оценке потенциального риска для объектов, на которых могут произойти аварии, связанные с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков.

*Ключевые слова:* риск аварий, взрывопожароопасные парогазовые облака, методика оценки, производственный объект

**Для цитирования:** Житникова Т.С., Бызов А.П. Оценка потенциального риска для аварий, связанных с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков для Санкт-Петербурга // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 12–20.

## **ASSESSMENT OF THE POTENTIAL RISK FOR ACCIDENTS ASSOCIATED WITH THE FORMATION OF DRIFTING EXPLOSIVE VAPOR-GAS CLOUDS FOR SAINT-PETERSBURG**

✉Tatiana S. Zhitnikova;

Anton P. Byzov.

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

✉[zhitnikova\\_ts@spbstu.ru](mailto:zhitnikova_ts@spbstu.ru)

*Abstract.* The purpose of this article is to improve the methodology for assessing the potential risk for accidents involving explosive vapor-gas drifting clouds, taking into account the process of changing the explosive part of the fuel-air mixture cloud. To achieve the research goal, the following methods were used in the work: analysis, comparison, synthesis, concretization, generalization, formalization, analogy, modeling, hypothesis building and the study of literature, documents and results of activities. The obtained results of the work are an improved methodology for assessing the potential risk for accidents associated with the formation of drifting explosive vapor-gas clouds, taking into account the change in the mass of the fuel-air mixture cloud during its drift when calculating the value of the potential risk in a specific area. The results obtained can be applied in assessing the potential risk for objects where accidents may occur associated with the formation of drifting explosive vapor-gas clouds.

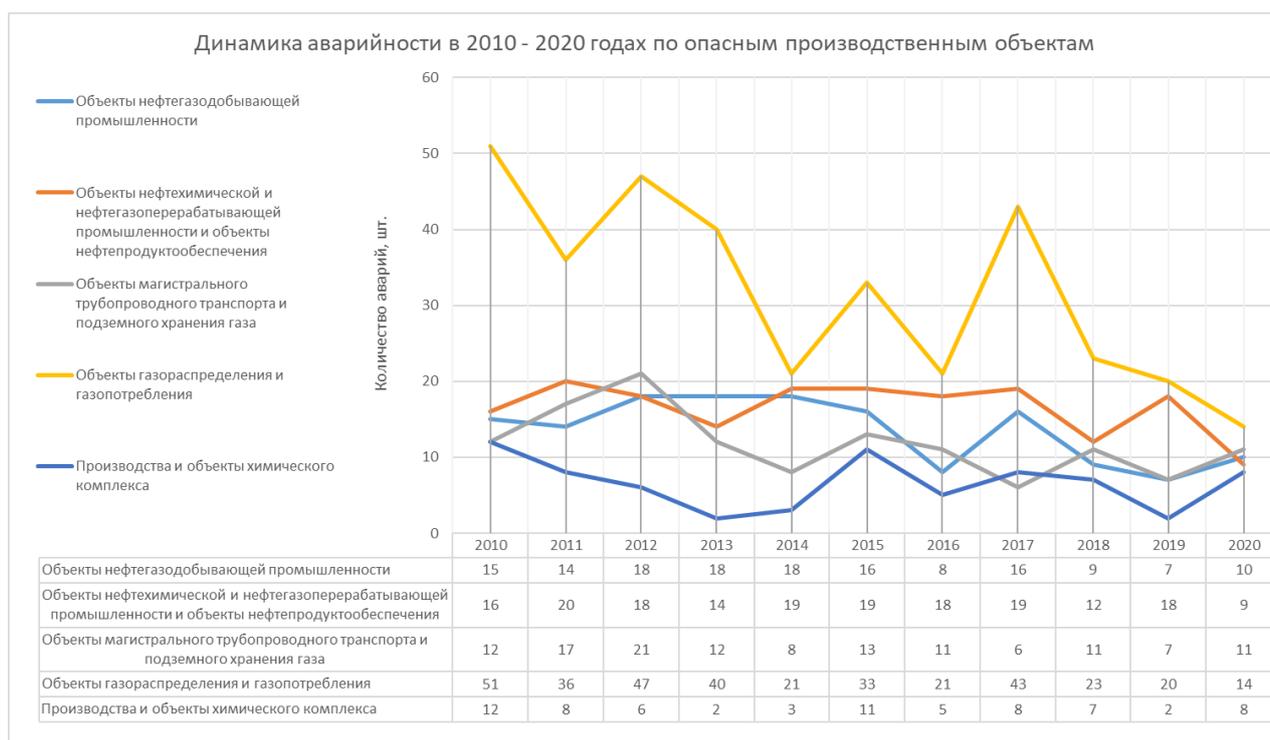
*Keywords:* accident risk, explosion- and fire-hazardous vapor-gas clouds, assessment methodology, production facility

**For citation:** Zhitnikova T.S., Byzov A.P. Assessment of the potential risk for accidents associated with the formation of drifting explosive vapor-gas clouds for Saint-Petersburg // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 3 (43). P. 12–20.

На сегодняшний день в Российской Федерации в связи с действующей политикой в части анализа риска аварий в области промышленной безопасности все большее внимание уделяется вопросам совершенствования методологии анализа риска и её внедрения во все существующие процессы жизненного цикла опасных производственных объектов. В части научно-исследовательской деятельности наблюдается обширная работа в области совершенствования уже существующих методик оценки риска и обоснования критериев приемлемого риска. Одной из основных характеристик анализа риска аварий, выраженной в количественной характеристике, является территориальный потенциальный риск. С его помощью можно оценить вероятность поражения людей, материальных объектов и территорий, что позволяет предположить возможный ущерб, который может нанести та или иная аварийная ситуация.

С каждым годом в Российской Федерации увеличивается количество опасных производственных объектов. Данную тенденцию можно проследить по статистике «Ежегодного отчета о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору» за 2016–2020 гг.

Если рассматривать статистику Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за период с 2010 по 2020 г., то можно сделать вывод о сохранении высокого уровня аварийности (рис. 1).



**Рис. 1. Динамика аварийности по опасным производственным объектам с 2010 по 2020 г.**

Согласно анализу данных за 2019–2021 гг., предоставленных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору в разделе «Уроки, извлеченные из аварий», авария, проходящая по сценарию взрыва топливно-воздушной смеси, – каждая четвертая. В основном аварии со взрывом топливно-воздушной смеси происходят на объектах, которые хранят или транспортируют химические и нефтехимические вещества, вследствие частичного или полного разрушения оборудования.

Оценка потенциального риска для аварий с образованием облаков топливно-воздушных смесей проводится с использованием «Методики оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушной смеси», которая позволяет учитывать при расчете энергетические характеристики газопаровоздушных смесей, и «Методики моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ», рекомендованной для расчетов зон аварийного распространения опасных веществ в атмосфере при оценке риска аварий на опасных производственных объектах, на которых возможны утечки газообразных или жидких опасных веществ. Однако на данный момент не существует единой методики, позволяющей при расчете потенциального риска учитывать все факторы, влияющие на дрейф облака.

Проведенный анализ методики оценки потенциального риска показал, что такая оценка потенциального риска для аварий, связанных с образованием облаков топливно-воздушных смесей, учитывает только смещение облака от места аварии и выброса опасного вещества. Масса облака считается постоянной и неизменной вне зависимости от пройденного облаком расстояния.

Была выдвинута гипотеза о том, что распределение потенциального риска существенным образом зависит от процесса рассеяния взрывопожароопасных парогазовых облаков в процессе их дрейфа.

Для ее проверки были проведены расчеты с использованием программного комплекса ТОХИ+Risk 5. В результате была получена серия графиков изменения массы топливно-воздушной смеси в зависимости от расстояния. Расчеты были проведены для пропана при скорости ветра 1 м/с, с коэффициентом наполнения 0,8, с разным объемом вещества. Анализ полученных графиков показал, что с изменением расстояния масса облака уменьшалась по определенным математическим зависимостям.

Для определения данных математических зависимостей была проведена аппроксимация, результаты которой можно выразить в математическом виде, выделив четыре участка и записав математическую зависимость каждого участка в виде уравнений (рис. 2):

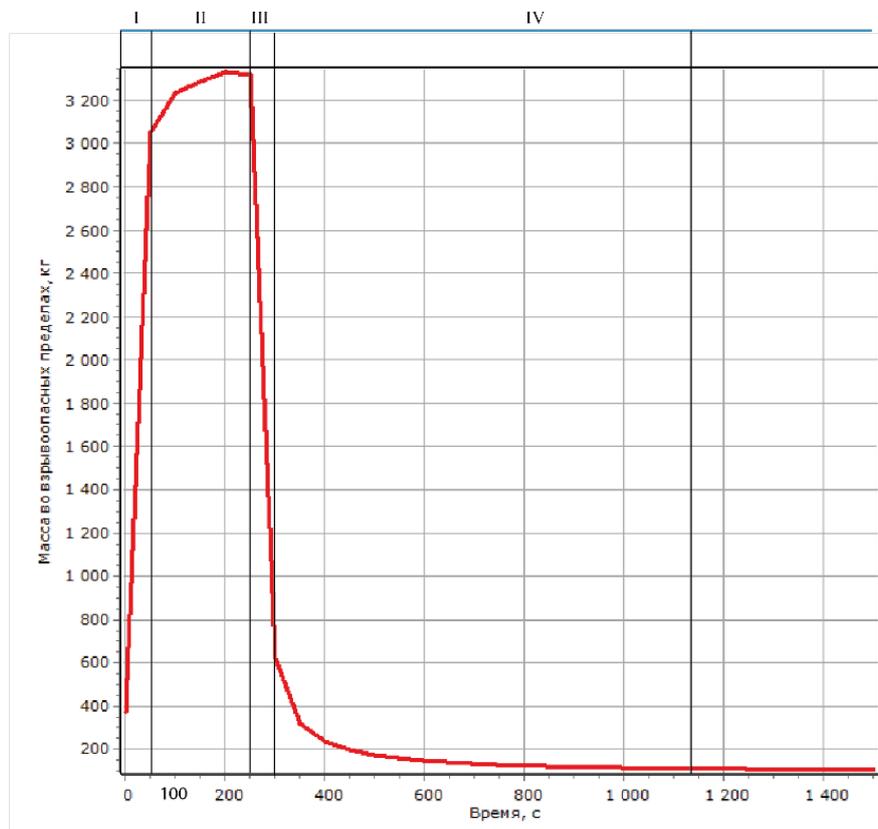


Рис. 2. Участки аппроксимации графика изменения массы пропана

Для рис. 2 первые три участка графика можно аппроксимировать в виде прямой, четвертый – экспоненциальной зависимостью.

Математическая зависимость массы пропана от времени при объеме опасного вещества  $100 \text{ м}^3$  каждого участка можно выразить в виде:

$$M(t) = \begin{cases} Mt = 62,1 \cdot t + 287,3; & 0 \ll t < 50 \\ Mt = 0,5 \cdot t + 3394,9; & 50 \ll t < 250 \\ Mt = 54 \cdot t + 16750; & 250 \ll t < 300 \\ Mt = e^{6,1-0,0017 \cdot t}; & 300 \ll t \end{cases}$$

Полученные данные в виде математической зависимости показывают зависимость массы опасного вещества в облаке топливно-воздушной смеси от времени. Время с начала выброса дрейфа облака можно выразить в зависимости расстояния от скорости ветра в виде:

$$M_t(t) = M_t \left( \frac{L_w}{U_w} \right),$$

где  $L_w$  – расстояние от центра облака топливно-воздушной смеси при его взрыве, рассчитываемые по имеющимся методикам;  $U_w$  – скорость ветра.

Ранее расчет функции давления во фронте воздушной ударной волны зависел от массы, теперь расчет в частном случае конкретного сценария дрейфа облака топливно-воздушной смеси стал функцией, зависящей от дальности дрейфа облака.

На рис. 3 приведена схема развития аварийной ситуации, связанной с дрейфом облака топливно-воздушной смеси.

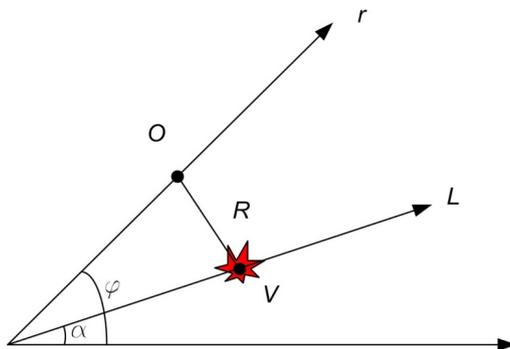


Рис. 3. Схема развития аварийной ситуации, связанной с дрейфом облака топливно-воздушной смеси

Функции давления во фронте воздушной ударной волны и импульса волны давления с учетом дрейфа облака в зависимости от места возникновения источника зажигания и направления ветра будут иметь вид:

$$\Delta P_{f,др}(r, \varphi, L_w, \alpha) = \Delta P_f[R(r, \varphi, L_w, \alpha)];$$

$$I_{др}(r, \varphi, L_w, \alpha) = I[R(r, \varphi, L_w, \alpha)];$$

$$R(r, \varphi, L_w, \alpha) = \sqrt{r^2 + L_w^2 - 2 \cdot r \cdot L_w \cdot \cos(\varphi - \alpha)},$$

где  $r, \varphi$  – полярные координаты точки  $O$ , в которой определяется величина поражающего параметра;  $L_w$  – значение расстояния от точки выброса до точки воспламенения облака;  $\alpha$  – значение угла между направлением на восток и направлением ветра;

$\Delta P_f(R)$ ,  $I(R)$  – значения зависимости величины давления во фронте воздушной ударной волны и импульса волны давления от расстояния от центра мигрирующего облака топливно-воздушной смеси при его взрыве.

Выражения для пробит-функции  $Pr(r, \varphi, L_w, \alpha)$  разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне и вероятности поражения человека воздушной ударной волной  $P(r, \varphi, L_w, \alpha)$  имеют вид:

$$Pr(r, \varphi, L_w, \alpha) = -12,6 + 1,524 * \ln(\Delta P_{fдр}(r, \varphi, L_w, \alpha)),$$

$$P(r, \varphi, L_w, \alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr(r, \varphi, L_w, \alpha) - 5} e^{-\frac{t^2}{2}} dt .$$

Плотность распределения вероятности в узлах графика составляет:

$$\rho_i = \frac{P_i}{2\pi/n} .$$

Расчет функции плотности распределения вероятности повторяемости направлений ветра можно выразить:

$$\rho_{вет}(\alpha) = \begin{cases} \rho_i + \frac{\rho_{i+1} - \rho_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} (\alpha - \alpha_i) & \text{при } \alpha_i \leq \alpha < \alpha_{i+1} \text{ для } i = 1..n - 1 \\ \rho_n + \frac{\rho_1 - \rho_n}{2\pi - \alpha_n} (\alpha - \alpha_n) & \text{при } \alpha_n \leq \alpha < 2\pi \end{cases} .$$

График функции распределения условной вероятности воспламенения облака в зависимости от расстояния от источника выброса облака топливно-воздушной смеси приведен на рис. 4:

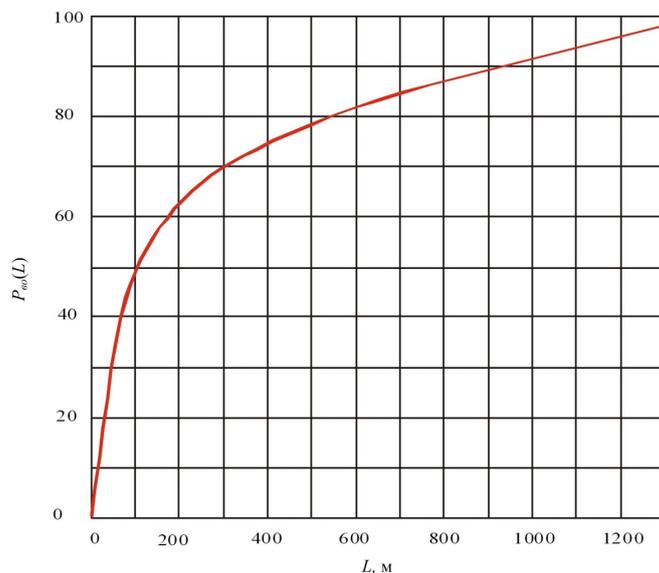


Рис. 4. График функции распределения условной вероятности воспламенения облака на пути миграции

Определить вероятность возможного события можно по формуле, которая позволяет рассчитать функцию распределения условной вероятности воспламенения облака с дрейфом до точки  $L$ :

$$P_{\text{во}}(L) = P(\bar{L} < L),$$

где  $\bar{L}$  – случайные значения расстояния от точки выброса до точки воспламенения облака.

Проведя аппроксимацию графика на рис. 4 можно получить функцию распределения в диапазоне от 30 до 1 200 зависимость, выраженную формулой:

$$\rho_{\text{во}}(L) = \begin{cases} 7,6 \cdot 10^{-3} & \text{при } 0 \leq L \leq 30 \\ \frac{0,2}{L} & \text{при } 30 < L < 1200 \\ 1,7 \cdot 10^{-4} & \text{при } 1200 \leq L \leq 1400 \\ 0 & \text{при } L > 1400 \end{cases} .$$

В результате этого итоговая величина потенциального риска в точке с полярными координатами  $(r, \varphi)$  при учете дрейфа облака будет иметь вид:

$$R_{\text{п}}(r, \varphi) = \int_0^{2\pi} \int_0^{1000} P_{\text{взр}} \cdot P(r, \varphi, L_w, \alpha) \cdot \rho_{\text{вет}}(\varphi) \cdot \rho_{\text{во}}(L_w) dL_w d\alpha .$$

Для оценки достоверности полученных значений были проведены расчеты потенциального риска в трех случаях:

1. Расчет потенциального риска при статичном взрыве топливно-воздушной смеси;
2. Расчет потенциального риска при дрейфе облака топливно-воздушной смеси без изменения массы облака;
3. Расчет потенциального риска при дрейфе облака топливно-воздушной смеси с изменением массы облака с учетом его рассеяния.

На основе полученных значений можно сделать вывод о том, что при учете изменения массы топливно-воздушной смеси при увеличении расстояния дрейфа облака от места аварии изменилось расположение изолиний потенциального риска (рис. 5, 6):



Рис. 5. Изолиния потенциального риска  $10^{-6}$  при аварийной ситуации, связанной с возникновением воздушной ударной волны при взрыве топливно-воздушной смеси

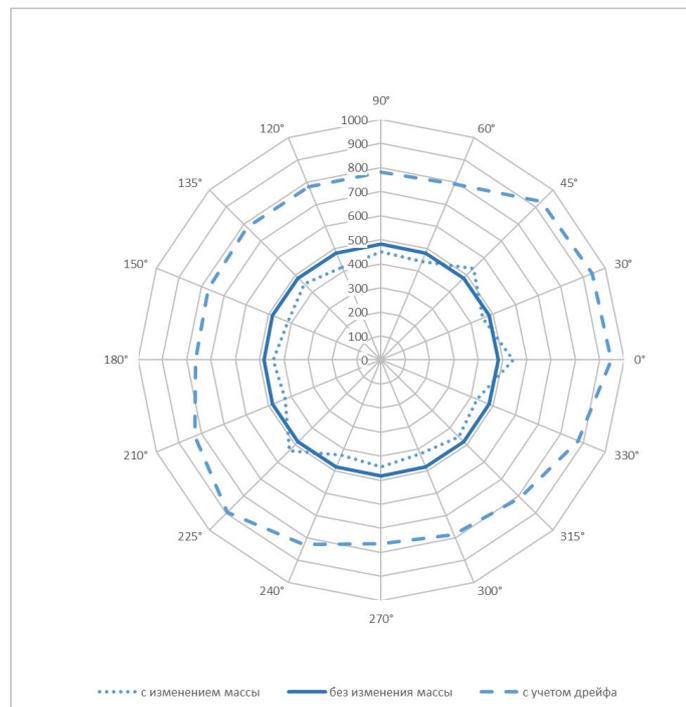


Рис. 6. Изолиния потенциального риска  $10^{-7}$  при аварийной ситуации, связанной с возникновением воздушной ударной волны при взрыве топливно-воздушной смеси

Анализ полученных значений показывает, что метод оценки потенциального риска без учета дрейфа парогазовых облаков по сравнению с предложенным усовершенствованным методом в свою итоговую оценку потенциального риска закладывает больше безопасного расстояния.

Из этого можно сделать вывод, что предложенные усовершенствования оценки потенциального риска для аварий, связанных с образованием дрейфующих взрывопожароопасных парогазовых облаков, позволяют рассчитать приближенное к возможному значение потенциального риска на территории опасного производственного объекта. Расположение изолиний потенциального риска на территории опасного производственного объекта напрямую влияет на возможное территориальное проектирование опасного производственного объекта, а также на обоснование безопасности, что позволяет на стадии проектирования опасных производственных объектов использовать большее количество технических решений, а также увеличивает количество возможного для использования оборудования. Перечисленные факторы могут влиять на стоимость строительства опасного производственного объекта, а также на оценку возможного экономического ущерба от аварии, что позволяет уменьшить экономические затраты и увеличить инвестиционную привлекательность проекта.

#### Список источников

1. Липкович И.Э., Петренко Н.В., Орищенко И.В. Теория горения и взрыва: учеб. пособие для практических занятий. Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2014. 121 с.
2. Васьков Р.Е., Кочетов Н.М. Надежность методик прогнозирования последствий взрыва топливно-воздушной смеси на опасном производственном объекте // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. №. 6 С. 60–71.
3. Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»: приказ Ростехнадзора от 15 дек. 2020 г. № 533. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Руководство по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ» (утв. приказом Ростехнадзора от 20 апр. 2015 г. № 158) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Консорциум «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200119845> (дата обращения: 16.03.2022).

5. Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах: приказ Ростехнадзора от 11 апр. 2016 г. № 144 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Консорциум «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420347908> (дата обращения: 16.03.2022).

6. Ивкина М.А. Анализ «Методики оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей»: Сб. науч. трудов VIII Всерос. науч.-практ. конф. // Безопасность в чрезвычайных ситуациях. С.-Петербург. политех. ун-т Петра Великого. 2016. С. 380–382.

7. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учеб. пособие для студентов вузов. М.: АCADEMIA, 2003. 505 с.

8. Сравнительный анализ российских и зарубежных методик и компьютерных программ по моделированию аварийных выбросов и оценке риска / Агапова Е.А. [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 9. С. 71.

9. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. приказом Ростехнадзора от 31 марта 2016 г. № 137) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов Консорциум «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133802> (дата обращения: 16.03.2022).

10. Ивкина М.А. Анализ «Методики оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» // Безопасность в чрезвычайных ситуациях. 2016. С. 380–382.

11. Савина А.В., Сумской С.И., Лисанов М.В. Анализ риска аварий на магистральных трубопроводах при обосновании минимальных безопасных расстояний // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 3. С. 58–63.

12. Невская Е.Е., Глебова Е.В. Анализ способов и средств повышения уровня защиты зданий и сооружений от действия ударных волн // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 2. С. 73–78.

13. Юсупова Н.И., Шахмаметова Г.Р., Еникеева К.Р. Модели представления знаний для идентификации опасностей промышленного объекта // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2008. Т. 11. № 1. С. 91–100.

14. Компьютерная модель оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей / Орищенко И.В. [и др.] // Политематический сетевой электронный науч. журн. Кубанского гос. аграрного ун-та. 2015. № 106. С. 301–312.

15. Васьков Р.Е., Кочетов Н.М. Надежность методик прогнозирования последствий взрыва топливно-воздушной смеси на опасном производственном объекте // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 6. С. 60–71.

## References

1. Lipkovich I.E., Petrenko N.V., Orishchenko I.V. Teoriya gorenija i vzryva: ucheb. posobie dlya prakticheskix zanyatij. Zernograd: FGBOU VPO ACHGAA, 2014. 121 s.

2. Vas'kov R.E., Kochetov N.M. Nadezhnost' metodik prognozirovaniya posledstvij vzryva toplivno-vozdushnoj smesi na opasnom proizvodstvennom ob'ekte // Problemy analiza riska. 2014. Т. 11. № 6. С. 60–71.

3. Ob utverzhdenii federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Obshchie pravila vzryvobezopasnosti dlya vzryvopozharoopasnyh himicheskix, neftekhimicheskix i neftepererabatyvayushchix proizvodstv»: prikaz Rostekhнадзора ot 15 dek. 2020 g. № 533. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

4. Rukovodstvo po bezopasnosti «Metodika modelirovaniya rasprostraneniya avarijnyh vybrosov opasnyh veshchestv» (utv. prikazom Rostekhнадзора ot 20 apr. 2015 g. № 158) // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskix dokumentov Konsorcium «Kodeks». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200119845> (data obrashcheniya: 16.03.2022).

5. Ob utverzhdenii Rukovodstva po bezopasnosti «Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostej i ocenki riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob'ektah: prikaz Rostekhнадзора ot 11 apr. 2016 g. № 144 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskix dokumentov Konsorcium «Kodeks». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420347908> (data obrashcheniya: 16.03.2022).

6. Ivkina M.A. Analiz «Metodiki ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej»: Sb. nauch. trudov VIII Vseros. nauch.-prakt. konf. // Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. S.-Peterb. politekh. un-t Petra Velikogo. 2016. S. 380–382.

7. Belov P.G. Sistemnyj analiz i modelirovanie opasnyh processov v tekhnosfere: ucheb. posobie dlya studentov vuzov. M.: ACADEMIA, 2003. 505 s.

8. Sravnitel'nyj analiz rossijskich i zarubezhnyh metodik i komp'yuternyh programm po modelirovaniyu avarijnyh vybrosov i ocenke riska / Agapova E.A. [i dr.] // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2015. № 9. S. 71.

9. Rukovodstvo po bezopasnosti «Metodika ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej» (utv. prikazom Rostekhnadzora ot 31 marta 2016 g. № 137) // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov Konsorcium «Kodeks». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133802> (data obrashcheniya: 16.03.2022).

10. Ivkina M.A. Analiz «Metodiki ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej» // Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. 2016. S. 380–382.

11. Savina A.V., Sumskoj S.I., Lisanov M.V. Analiz riska avarij na magistral'nyh truboprovodah pri obosnovanii minimal'nyh bezopasnyh rasstoyanij // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2012. № 3. S. 58–63.

12. Nevskaya E.E., Glebova E.V. Analiz sposobov i sredstv povysheniya urovnya zashchity zdaniy i sooruzhenij ot dejstviya udarnyh voln // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2017. № 2. S. 73–78.

13. Yusupova N.I., SHahmametova G.R., Enikeeva K.R. Modeli predstavleniya znaniy dlya identifikacii opasnostej promyshlennogo ob"ekta // Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta. 2008. T. 11. № 1. S. 91–100.

14. Komp'yuternaya model' ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej / Orishchenko I.V. [i dr.] // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauch. zhurn. Kubanskogo gos. agrarnogo un-ta. 2015. № 106. S. 301–312.

15. Vas'kov R.E., Kochetov N.M. Nadezhnost' metodik prognozirovaniya posledstvij vzryva toplivno-vozdushnoj smesi na opasnom proizvodstvennom ob"ekte // Problemy analiza riska. 2014. T. 11. № 6. S. 60–71.

#### **Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 15.08.2022

Принята к публикации: 16.09.2022

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

Article was received by the editorial office: 15.08.2022

Accepted for publication: 16.09.2022

#### *Информация об авторах:*

**Татьяна Сергеевна Житникова**, техник Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), e-mail: [zhitnikova\\_ts@spbstu.ru](mailto:zhitnikova_ts@spbstu.ru)

**Антон Прокопьевич Бызов**, доцент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), кандидат технических наук, доцент, e-mail: [byzov\\_ap@spbstu.ru](mailto:byzov_ap@spbstu.ru)

#### *Information about the authors:*

**Tatiana S. Zhitnikova**, technician of the Higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (196105, Saint-Petersburg, Polytechnic st., 29), e-mail: [zhitnikova\\_ts@spbstu.ru](mailto:zhitnikova_ts@spbstu.ru)

**Anton P. Byzov**, associate professor of the Higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (196105, Saint-Petersburg, Polytechnic st., 29), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: [byzov\\_ap@spbstu.ru](mailto:byzov_ap@spbstu.ru)

УДК 303.732.4

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ОПЕРАТИВНО-ДЕЖУРНЫХ СЛУЖБ (НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ)**

✉ **Никита Вадимович Остудин;**

**Андрей Алексеевич Аполинаров.**

**Главное управление «Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России», Москва, Россия.**

**Антон Сергеевич Свистков.**

**72 пожарно-спасательная часть 1 пожарно-спасательного отряда федеральной противопожарной службы МЧС России по Тверской области, г. Тверь, Россия**

✉ [ostudin92@mail.ru](mailto:ostudin92@mail.ru)

*Аннотация.* Ключевым аспектом в вопросах повышения эффективности деятельности реагирующих подразделений и подразделений оперативно-дежурного плана является качественный подход в оценке процессов несения оперативного дежурства. Таким образом, в данной статье будет раскрыт первоочередной этап повышения эффективности функционирования сложной организационно-технической системы – системный анализ.

*Ключевые слова:* анализ и синтез, системный анализ, формализация, оценка эффективности

**Для цитирования:** Остудин Н.В., Аполинаров А.А., Свистков А.С. Системный анализ процесса оценки деятельности должностных лиц оперативно-дежурных служб (на примере Национального центра управления в кризисных ситуациях) // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 21–28.

## **SYSTEM ANALYSIS OF THE PROCESS OF EVALUATING THE ACTIVITIES OF OFFICIALS OF OPERATIONAL DUTY SERVICES (USING THE EXAMPLE OF THE NATIONAL CRISIS MANAGEMENT CENTER)**

✉ **Nikita V. Ostudin;**

**Andrey A. Apolinarov.**

**Main directorate «National crisis management center of EMERCOM of Russia», Moscow, Russia.**

**Anton S. Svistkov.**

**72 fire and rescue unit 1 of the fire and rescue squad of the federal fire service of EMERCOM of Russia in the Tver region, Tver, Russia**

✉ [ostudin92@mail.ru](mailto:ostudin92@mail.ru)

*Abstract.* A key aspect in improving the efficiency of the reacting units and units of the operational duty plan is a qualitative approach to assessing the processes of operational duty. Thus, in this article, the primary stage of improving the efficiency of the functioning of a complex organizational and technical system will be disclosed – this is a system analysis.

*Keywords:* analysis and synthesis, system analysis, formalization, efficiency evaluation

**For citation:** Ostudin N.V., Apolinarov A.A., Svistkov A.S. System analysis of the process of evaluating the activities of officials of operational duty services (using the example of the National crisis management center) // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 3 (43). P. 21–28.

Антикризисное управление является основой эффективного применения сил и средств при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Вместе с тем существующее положение дел в вопросах оценки эффективности деятельности должностных лиц оперативно-дежурной смены центров управления в кризисных ситуациях нуждаются в качественной проработке и детальном анализе.

Актуальной задачей является проведение системного анализа исследуемых объектов и процессов с целью возможности выявления проблематики предметной области и формирования направлений решения проблемных вопросов. В этом может помочь методология системного исследования [1], основанная на принципах системного анализа и общей теории систем и сводящаяся к прохождению всех этапов технологической схемы системного анализа, предложенной В.С. Анфилатовым [2]. При помощи элементов декомпозиции, анализа, синтеза и других принципов системного анализа возможно раскрыть принципы и механизмы функционирования системы подготовки и работы с кадрами в Национальном центре управления в кризисных ситуациях (НЦУКС). Прежде всего, необходимо, исходя из объекта и цели исследования, определить соответствующую систему. Была определена система совершенствования подготовки и работы с кадрами в НЦУКС (рис. 1).

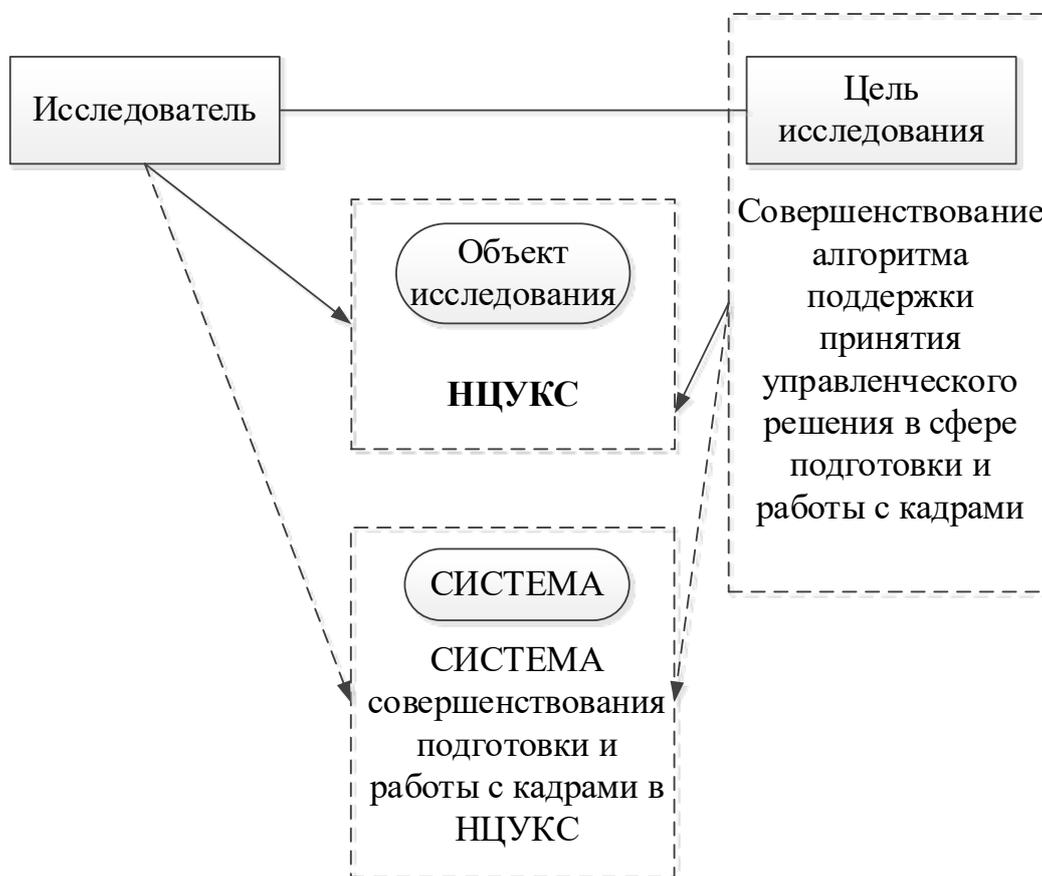


Рис. 1. Выявление исследуемой системы

На следующем этапе необходимо определить основные функции системы (рис. 2) и провести их декомпозицию (рис. 3). Это позволит в дальнейшем сосредоточиться на выявлении основных свойств и показателей, влияющих на оценку эффективности этих должностных лиц.

Динамическое описание системы даёт исследователю представление о движении информационных потоков в контуре системы оценки деятельности оперативной дежурной смены НЦУС (рис. 4).

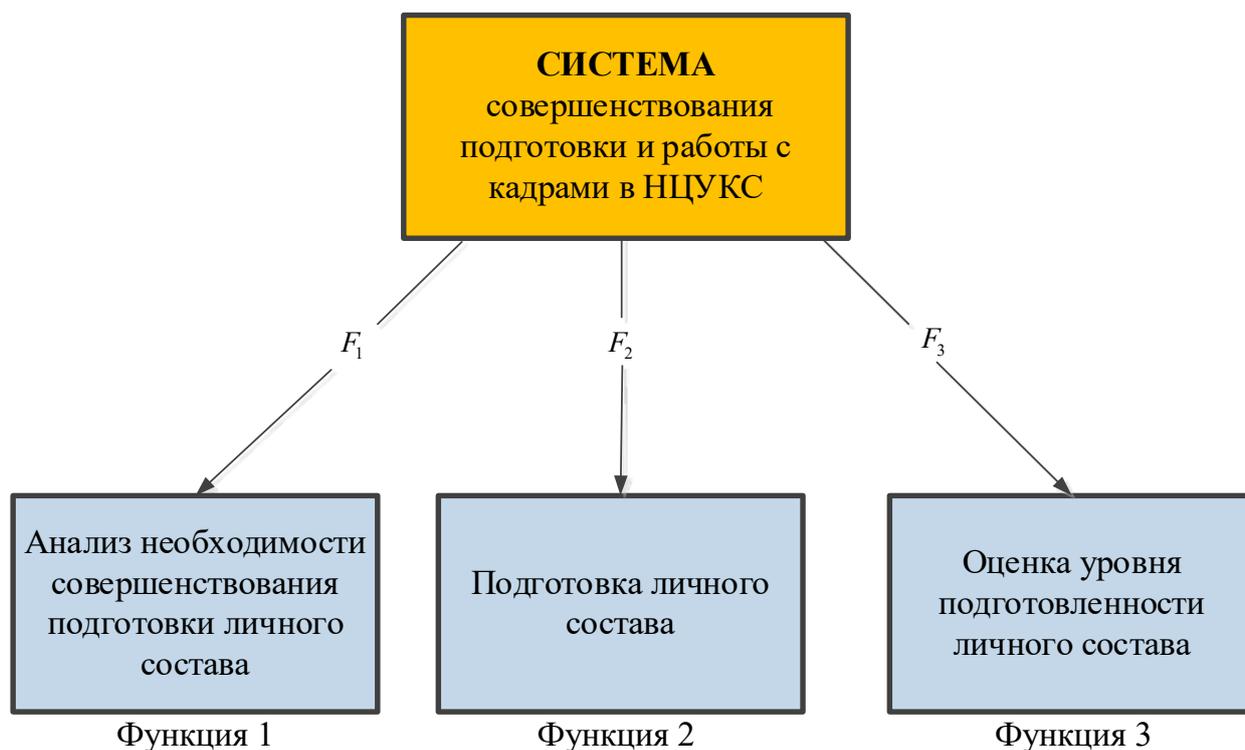


Рис. 2. Выявление функций системы



Рис. 3. Декомпозиция функций системы



Рис. 4. Динамическое описание функций системы

Определение структуры входа системы.

Вход системы преимущественно будет представлять собой текущее состояние уровня подготовленности личного состава НЦУКС [3].

Выходом системы будут являться результаты анализа подготовленности личного состава и результаты профессиональной подготовки личного состава.

В качестве процесса преимущественно представляется непосредственно сам процесс подготовки личного состава (рис. 5).

В качестве обратной связи можно представить мероприятия, связанные с установлением уровня подготовленности личного состава НЦУКС после проведенной профессиональной подготовки.

В качестве ограничений можно представить ограничения по средствам обучения (наличие автоматизированных рабочих мест, на которых установлено специальное программное обеспечение для осуществления профессиональной подготовки), ограничения проведения подготовки и т.д.

Средой представляется множество элементов, влияющих на саму систему (рис. 6, 7), но находящихся вне этой системы. К примеру: деятельность министерства по работе с кадрами, принципы работы с кадрами, которые оказывают влияние на систему профессиональной подготовки кадров НЦУКС в целом.

Определение режимов функционирования:

1. Первичная профессиональная подготовка кадров НЦУКС;
2. Вторичная профессиональная подготовка кадров НЦУКС;
3. Внеплановая профессиональная подготовка кадров НЦУКС.

Построение алгоритма функционирования системы.

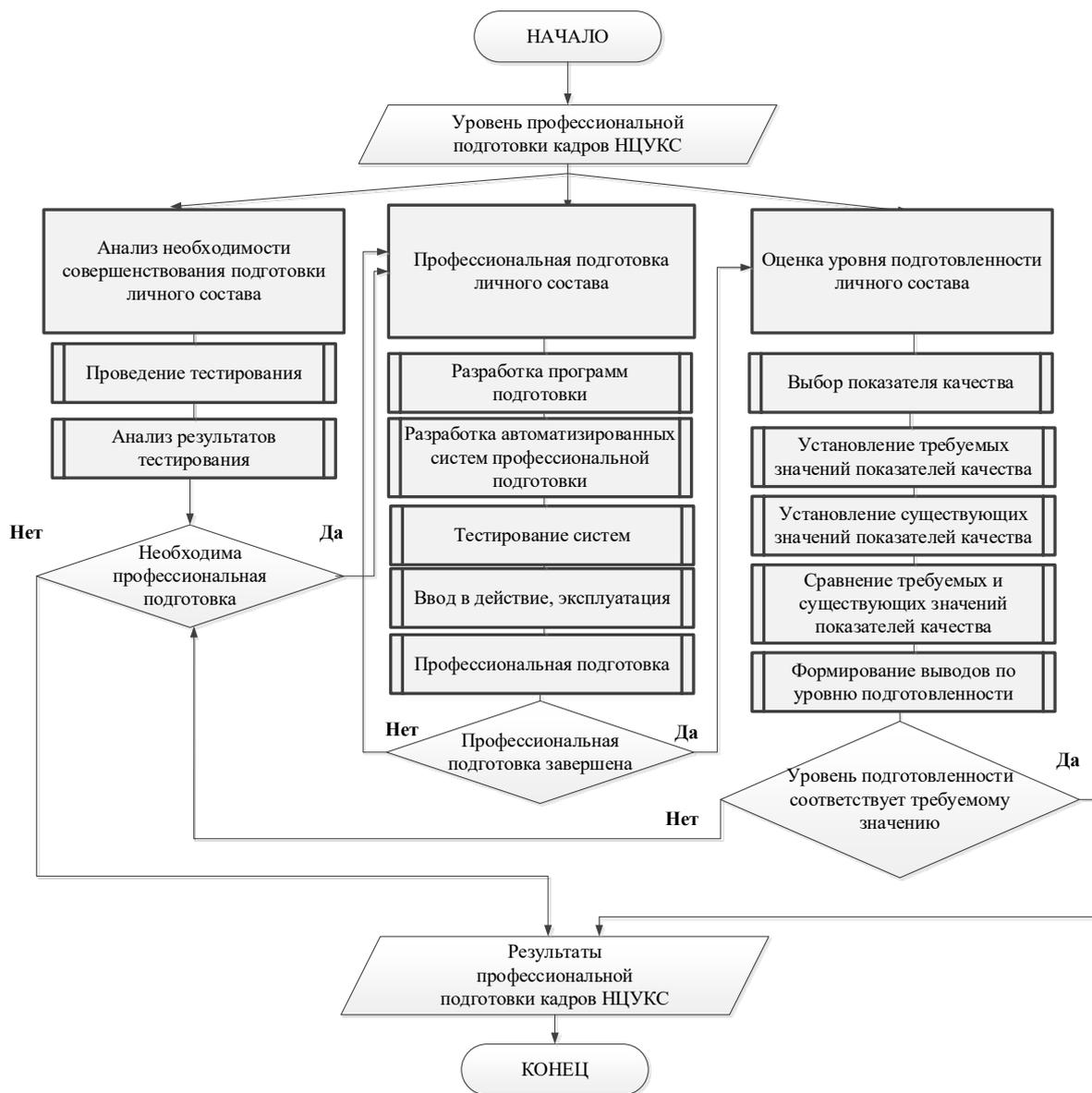


Рис. 5. Иллюстрация блок-схемы алгоритма функционирования системы

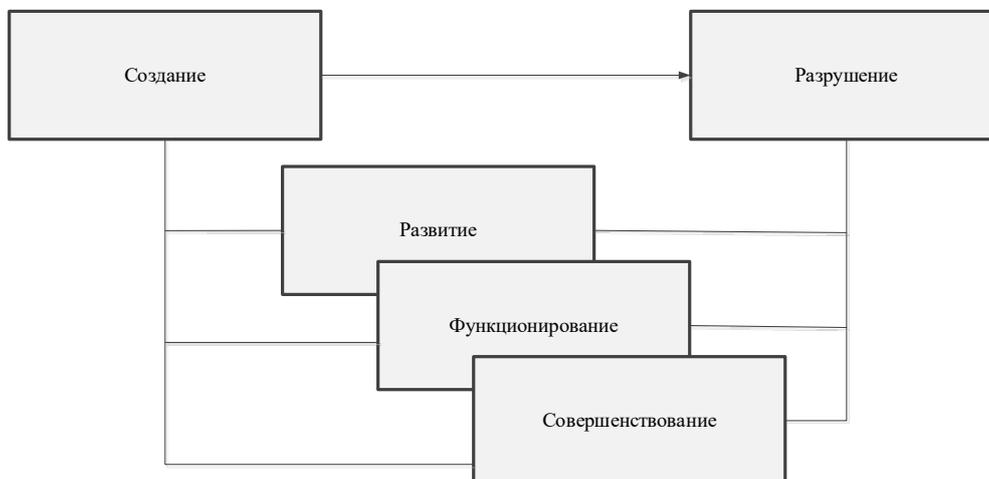


Рис. 6. Стадии жизненного цикла системы

Построение дерева свойств системы.

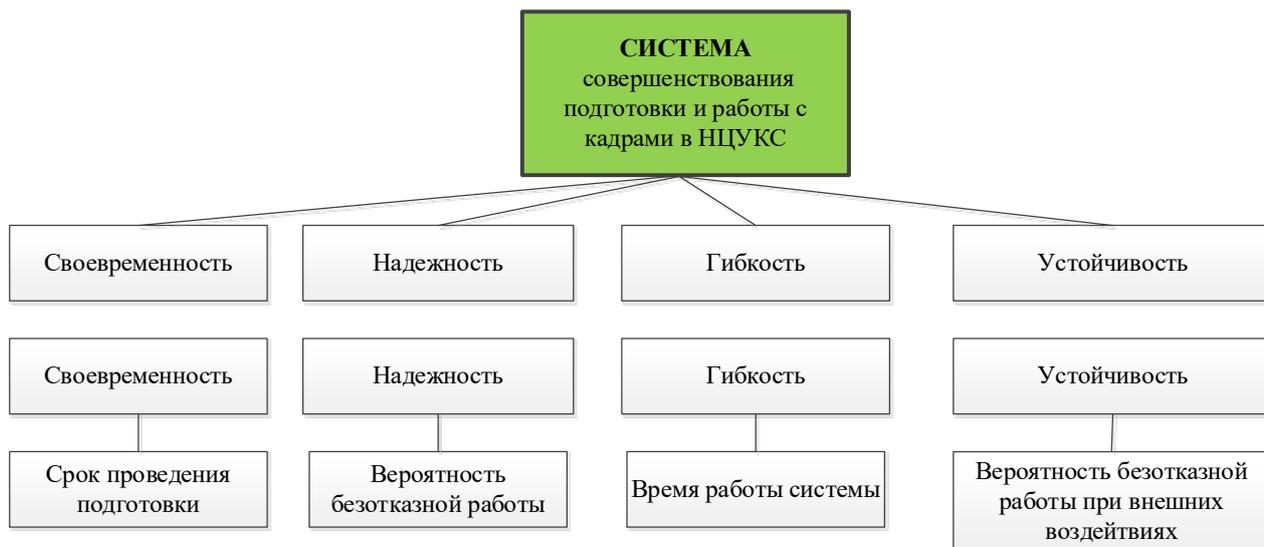


Рис. 7. Дерево свойств системы

Требования к системе формируются на основе анализа требуемых значений показателей качества [4].

Требуемые значения показателей качества системы могут ставиться в соответствии с требованиями департамента кадровой политики МЧС России по соответствию занимаемой должности должностными лицами НЦУКС [5].

Оценка качества существующей системы осуществляется на основе результатов, показываемых системой, количества сбоев системы, возможностью вносить коррективы в систему [6].

Определение фактических значений осуществляется на основе тестирования личного состава НЦУКС по соответствию предъявляемым к ним требованиям.

Сравнение требуемых и фактических значений позволяет установить существование проблемы в широком смысле. В настоящее время возможно расхождение по свойству «Надежность» – показатель «Вероятность безотказной работы» [7].

Причины могут быть связаны со слабой профессиональной подготовкой должностных лиц НЦУКС.

Построение линий тренда может позволить прогнозировать развитие проблемы.

Закономерности можно определить на основе корреляционного и регрессионного анализа.

Существующая система профессиональной подготовки кадров НЦУКС не позволяет в полной мере осуществлять повышение квалификации должностных лиц. Это может быть связано с высокой нагрузкой, возложенной на должностных лиц, и отсутствием свободного времени на осуществление профессиональной подготовки [8].

Проблема актуальна, поскольку от профессиональной подготовки кадров НЦУКС напрямую зависит эффективность выполнения ими своих функциональных обязанностей, что непосредственно связано с осуществлением оперативного управления процессами ликвидации ЧС и происшествий на всех уровнях реагирования системы антикризисного управления [9].

Полученные результаты можно использовать для последующей автоматизации и повышения эффективности функционирования деятельности оперативно-дежурных служб различного уровня, включая и Федеральный [10].

### Список источников

1. Антюхов В.И. Системный анализ и принятие решений / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 398 с.
2. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: учеб. пособие / под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
3. Моделирование и алгоритмизация процессов поддержки принятия управленческих решений в сфере подготовки и работы с кадрами / В.А. Онов [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 94–104.
4. Максимов А.В. Анализ применяемых информационных систем в пожарно-спасательных подразделениях МЧС России // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Петровская акад. наук и искусств, 2019. С. 30–33.
5. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности государственной противопожарной службы: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 1998. 197 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 357 с.
7. Евграфов П.М. Разработка алгоритмов интеллектуальной поддержки в системах социального управления (на примере ГПС): дис. ... канд. техн. наук. М., 2003. 222 с.
8. О концепции развития системы управления МЧС России до 2030 года: Заседание коллегии МЧС России от 5 дек. 2014 г. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/komissii/kollegiya-mchs-rossii/2014-god/zasedanie-kollegii-05-12-2014> (дата обращения: 18.07.2022).
9. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 97–106.
10. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 1 (13). С. 67–73.

### References

1. Antyuhov V.I. Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij / pod red. V.S. Artamonova. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2009. 398 s.
2. Anfilatov V.S., Emel'yanov A.A., Kukushkin A.A. Sistemnyj analiz v upravlenii: ucheb. posobie / pod red. A.A. Emel'yanova. M.: Finansy i statistika, 2002. 368 s.
3. Modelirovanie i algoritmizaciya processov podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij v sfere podgotovki i raboty s kadrami / V.A. Onov [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 94–104.
4. Maksimov A.V. Analiz primenyaemyh informacionnyh sistem v pozharно-spasatel'nyh podrazdeleniyah MCHS Rossii // Teoreticheskie i prikladnye voprosy kompleksnoj bezopasnosti: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: Petrovskaya akad. nauk i iskusstv, 2019. S. 30–33.
5. Brushlinskij N.N. Sistemnyj analiz deyatel'nosti gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: ucheb. posobie. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 1998. 197 s.
6. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhnyh sistem. M.: Nauka, 1968. 357 s.
7. Evgrafov P.M. Razrabotka algoritmov intellektual'noj podderzhki v sistemah social'nogo upravleniya (na primere GPS): dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2003. 222 s.
8. O koncepcii razvitiya sistemy upravleniya MCHS Rossii do 2030 goda: Zasedanie kollegii MCHS Rossii ot 5 dek. 2014 g. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/komissii/kollegiya-mchs-rossii/2014-god/zasedanie-kollegii-05-12-2014> (data obrashcheniya: 18.07.2022).

9. Antyuhov V.I., Ostudin N.V. Metodika vyyavleniya i analiza problemnykh voprosov v deyatel'nosti dolzhnostnykh lic centrov upravleniya v krizisnykh situatsiyah MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 1. S. 97–106.

10. Maksimov A.V. Analiz operativnoj deyatel'nosti podrazdelenij GPS MCHS Rossii // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2015. № 1 (13). S. 67–73.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 26.07.2022

Принята к публикации: 30.08.2022

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 26.07.2022

Accepted for publication: 30.08.2022

*Информация об авторах:*

**Никита Вадимович Остудин**, начальник отдела пространственных данных управления космического мониторинга Главного управления «Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России» (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1), кандидат технических наук, e-mail: ostudin92@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3208-7142>

**Андрей Алексеевич Аполинов**, инспектор отдела пространственных данных управления космического мониторинга Главного управления «Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России» (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1), e-mail: a.apolinarov@mchs.gov.ru

**Антон Сергеевич Свистков**, начальник караула 72 пожарно-спасательной части 1 пожарно-спасательного отряда федеральной противопожарной службы МЧС России по Тверской области (170100, Тверская обл., г. Тверь, ул. Вокзальная, д. 18), e-mail: anton.sergeevich.69@mail.ru

*Information about the authors:*

**Nikita V. Ostudin**, head of the spatial data department of the space monitoring department the Main directorate of the «National crisis management center of EMERCOM of Russia» (121357, Moscow, Vatutina str., 1, b. 1), candidate of technical sciences, e-mail: ostudin92@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3208-7142>

**Andrey A. Apolinarov**, inspector of the spatial data department of the space monitoring department the Main directorate of the «National crisis management center of EMERCOM of Russia» (121357, Moscow, Vatutina str., 1, b. 1), e-mail: a.apolinarov@mchs.gov.ru

**Anton S. Svistkov**, head of the guard 72 of the fire and rescue unit 1 of the fire and rescue squad of the federal fire service of EMERCOM of Russia in the Tver region (170100, Tver region, Tver, Vokzalnaya str., 18), e-mail: anton.sergeevich.69@mail.ru

УДК 004.45

## О ПРИМЕНИМОСТИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

✉ Александр Юрьевич Лабинский.

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

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

*Аннотация.* Рассмотрены возможности применимости нечеткой логики для решения задач оптимизации. В центре внимания статьи находится принцип оптимизации, помогающий производить моделирование объекта с заданной точностью и достоверностью при минимальных затратах на разработку модели.

Подробно рассмотрены методы безусловной оптимизации функций многих переменных нулевого, первого и второго порядков, включая методы пробных шагов, градиентного спуска, Ньютона и итерационный метод.

Рассмотрено современное состояние теории нечетких функций. Дана классификация нечетких функций. Приведен подход к решению задач оптимизации с помощью системы нечеткого вывода как с четкими, так и с нечеткими функциями принадлежности. Рассмотрена компьютерная модель нечеткой оптимизации.

Моделирование процесса нечеткой оптимизации производилось с использованием системы нечеткого вывода, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Результаты моделирования процесса нечеткой оптимизации показали, что в результате оптимизации может быть получен диапазон возможных значений нечеткой целевой функции в зависимости от средних значений изучаемых параметров.

*Ключевые слова:* минимизация функции нескольких переменных, целевая функция, нечеткая функция, нечеткая логика, система нечеткого вывода, компьютерная модель, компьютерная программа

**Для цитирования:** Лабинский А.Ю. О применимости нечеткой логики в решении задач оптимизации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 29–37.

## APPLICABILITY OF FUZZY LOGIC IN SOLUTION THE OPTIMIZATION TASK

✉ Alexander Yu. Labinskiy.

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

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

*Abstract.* The article considers possibilities of application of fuzzy logic for solving problems of optimization. The article focuses on the principle of optimization, which helps to make the object modeling with a given accuracy and reliability at a minimum cost for the development of the model.

The methods of unconditional optimization of the functions of many variables of zero, first and second order, including methods of trial steps, gradient descent, Newton and iterative method, are considered in detail.

The current state of the theory of fuzzy functions is considered. The classification of fuzzy functions is given. The article provides an approach to solving problems of optimization with the help of fuzzy output system with both clear and fuzzy accessory functions. The article considers a computer model of fuzzy optimization.

The fuzzy optimization process was simulated using a fuzzy output system implemented as a computer program.

The results of the fuzzy optimization process simulation showed that the optimization can result in a range of possible values of fuzzy target function depending on the mean values of studied parameters.

*Keywords:* minimization of function of several variables, target function, fuzzy function, fuzzy logic, fuzzy output system, computer model, computer program

**For citation:** Labinskiy A.Yu. Applicability of fuzzy logic in solution the optimization task // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 3 (43). P. 29–37.

## Введение

Деятельность органов управления МЧС России часто происходит в условиях подверженности воздействию различных факторов техногенного характера [1]. Современное направление развития методов анализа сложных явлений и процессов основывается на построении и практической реализации различной степени сложности моделей [1]. Одним из важнейших методологических принципов моделирования сложных явлений и процессов является принцип оптимизации [2]. Данный принцип помогает разработать такое описание исследуемого явления, которое обеспечивало бы заданную точность и достоверность моделирования при минимальных затратах на разработку модели [2].

Методы безусловной оптимизации функций многих переменных в зависимости от количества информации о целевой функции делятся на методы нулевого, первого и второго порядка [3–5]. Методы нулевого порядка применяются в том случае, когда известна информация только о значениях целевой функции. Методы первого порядка применяются в том случае, когда известна информация о целевой функции и частных производных целевой функции первого порядка. Методы второго порядка применяются в том случае, когда известна информация о целевой функции и частных производных целевой функции первого и второго порядков.

Задачу безусловного поиска оптимума (например, минимума) функции многих переменных можно сформулировать следующим образом [6, 7].

Имеется целевая функция  $f(X) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  на множестве допустимых значений  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Нахождение локального минимума происходит путем использования итерационного метода по формуле:

$$x^{k+1} = x^k + \Delta x * v^k,$$

где  $k$  – номер итерации;  $x^k$  – текущее значение аргумента целевой функции;  $\Delta x$  – значение величины шага;  $v^k$  – величина вектора, определяющего направление поиска минимума целевой функции.

К методам нулевого порядка относятся, например, метод пробных шагов, метод конфигураций и симплексный метод. Методы первого порядка являются различными разновидностями градиентного метода, при котором направление поиска минимума целевой функции совпадает с направлением антиградиента целевой функции. Наиболее часто используются: метод градиентного спуска с постоянным шагом, метод наискорейшего градиентного спуска, метод покоординатного спуска и метод сопряженных направлений. Методы второго порядка используют информацию о частных производных целевой функции первого и второго порядков. Наиболее часто используется метод Ньютона и его модификации.

Нахождение локального минимума в методах первого порядка происходит путем использования итерационного метода по формуле:

$$x^{k+1} = x^k + \Delta x * \nabla f(X^k),$$

где  $k$  – номер итерации;  $x^k$  – текущее значение аргумента целевой функции;  $\Delta x$  – значение величины шага;  $\nabla f(X^k)$  – градиент целевой функции, который можно записать следующим образом:

$$\nabla f(X^k) = [\partial f(X^k)/\partial x_1, \partial f(X^k)/\partial x_2, \dots, \partial f(X^k)/\partial x_n].$$

Для определения градиента целевой функции используется метод конечных разностей:

$$\partial f(X^k)/\partial x_i \approx [f(x_1^k, x_2^k, \dots, x_i^k + \Delta x_i^k, \dots, x_n^k) - f(x_1^k, x_2^k, \dots, x_i^k, \dots, x_n^k)] / \Delta x_i^k.$$

В качестве условия окончания поиска минимума целевой функции используется условие близости к нулю нормы градиента:

$$\|\nabla f(X^{k+1})\| \leq E,$$

где E – заданная точность поиска минимума.

Нахождение локального минимума в методах второго порядка происходит путем использования итерационного метода по формуле:

$$x^{k+1} = x^k + v^k,$$

где k – номер итерации;  $x^k$  – текущее значение аргумента целевой функции;  $v^k$  – величина вектора, определяющего направление поиска минимума целевой функции.

Вектор направления поиска минимума определяется по формуле:

$$v^k = - \nabla f(x^k)/H(x^k).$$

Для определения вектора направления поиска нужно вычислить матрицу H(X), элементы которой равны:

$$h_{ij} = \partial^2 f(x) / (\partial x_i \cdot \partial x_j).$$

В качестве условия окончания поиска минимума целевой функции используется условие близости к нулю нормы градиента:

$$\|\nabla f(x^{k+1})\| = \sqrt{[\sum_{i=1}^n (\partial f(x^k)/\partial x_i)^2]} \leq E,$$

где E – заданная точность поиска минимума.

Задача классической четкой оптимизации может быть отнесена к нечеткой оптимизации, если целевая функция или параметр этой функции являются неопределенными (нечеткими) (рис. 1) [8].

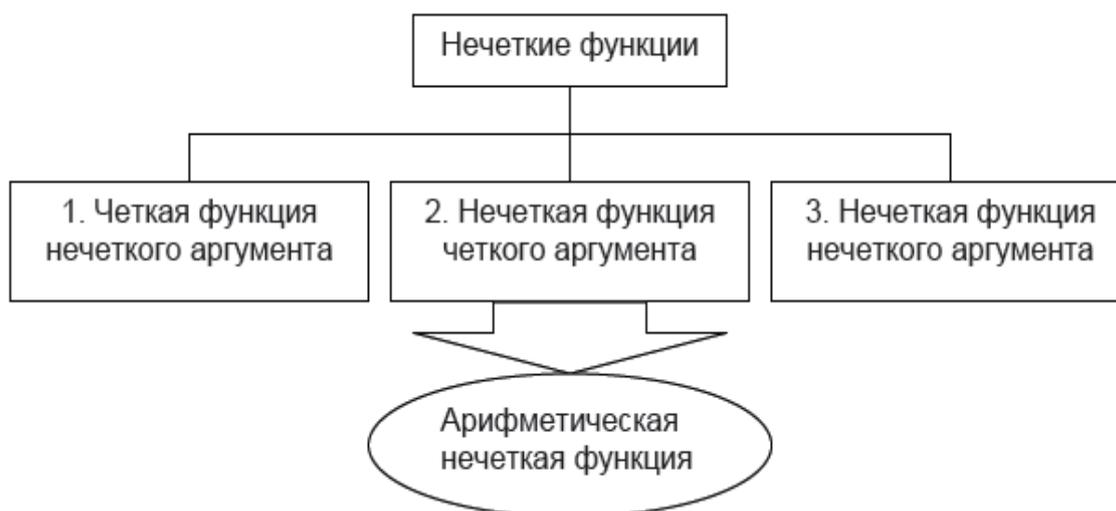


Рис. 1. Классификация нечетких функций

Как видно из приведенной выше классификации, существует три вида (класса) нечетких функций, отличающихся по двум признакам:

- по виду отображения;
- по виду аргумента (переменной) отображения.

В настоящее время теория нечетких функций находится на стадии развития. Отсутствуют понятия «элементарная нечеткая функция», «нечеткая первообразная», «нечеткий интеграл», «нечеткая производная», не разработаны дифференциальное и интегральное исчисления нечетких функций [9].

Сформулируем постановку задачи. Нужно минимизировать функцию трех переменных  $Y = f(X1, X2, X3)$ . Тема статьи актуальна, так как разработка математических моделей оптимизации параметров сложных процессов и систем снижает техногенные риски. Объект исследования – процесс нечеткой оптимизации. Метод исследования – вычислительные эксперименты на разработанной компьютерной модели, реализованной в виде программы для ЭВМ.

### Модель нечеткой оптимизации

В данной статье модель нечеткой оптимизации используется для решения следующей задачи: необходимо определить минимум целевой функции трех переменных:

$$F(x_1, x_2, x_3) = \exp(x_1 + x_2 + x_3) / (x_1 * x_2^2 * x_3^3).$$

Классический четкий метод минимизации первого порядка покоординатного спуска для начальных четких значений аргументов  $x_1 = x_2 = x_3 = 0,5$  позволил получить оптимальные четкие значения параметров  $x_1 = 1,0, x_2 = 2,0, x_3 = 3.0$  при минимальном четком значении целевой функции  $F(x_1, x_2, x_3)_{\min} = 3,73$ .

Целью нечеткой оптимизации являлось качественное описание процесса оптимизации функции нескольких переменных. Моделирование процесса оптимизации производилось с использованием системы нечеткого вывода, описанной в [10]. Возможный интерфейс программы нечеткого вывода представлен на рис. 2:

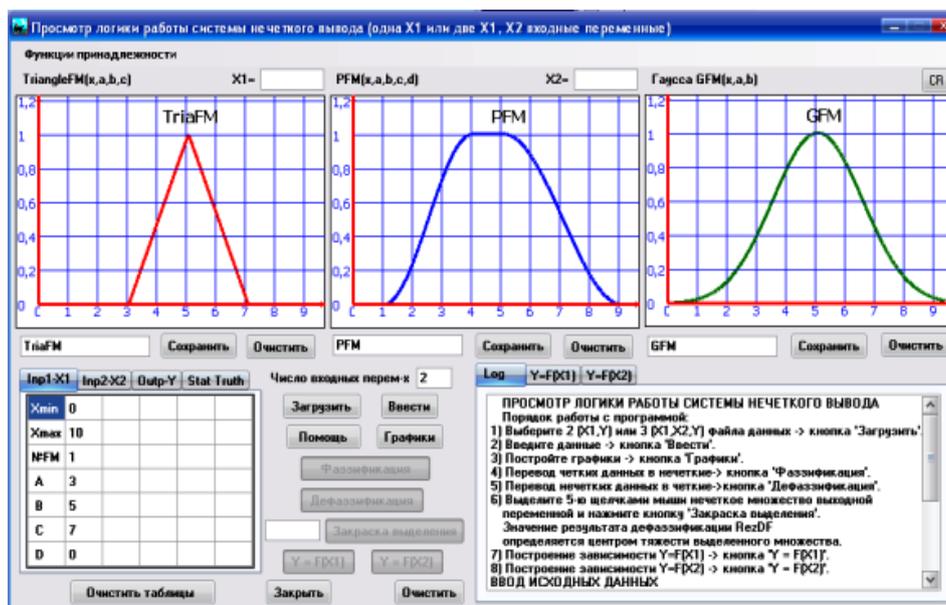


Рис. 2. Интерфейс программы нечеткого вывода

На рис. 2 представлен режим работы программы нечеткого вывода, демонстрирующий конфигурацию различных функций принадлежности (треугольная, П-образная и функция Гаусса), выбранных из меню программы «Функции принадлежности».

Режим работы программы нечеткого вывода, демонстрирующий графики функций принадлежности входной переменной X1, выходной переменной Y и зависимость  $Y = f(X)$  (в нижнем правом окне), представлен на рис. 3:

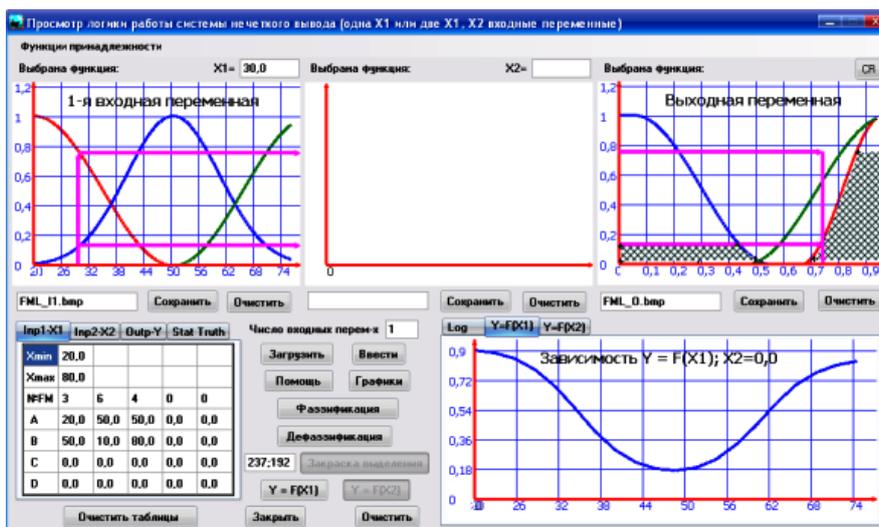


Рис. 3. Переменные X1, Y и зависимость  $Y = f(X)$

Режим работы программы нечеткого вывода, демонстрирующий в нижнем левом окне истинность высказываний входной переменной и в нижнем правом окне базу продукционных правил, представлен на рис. 4:

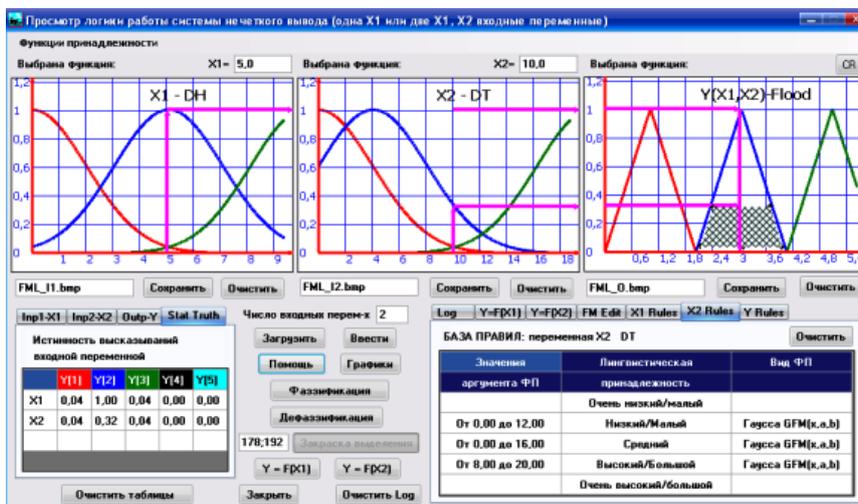


Рис. 4. База продукционных правил нечеткого вывода

Схематично логика работы системы нечеткого вывода представлена на рис. 5:



Рис. 5. Схема логики работы системы нечеткого вывода

Исходные данные для расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интервал значений $\mu(x)$	Лингвистическая принадлежность	Интервал значений переменных		
		$X_1$	$X_2$	$X_3$
0 ÷ 1	Низкий	Z-образная (0÷1)	Z-образная (0÷2)	Z-образная (0÷3)
0 ÷ 1	Средний	Гаусса (0÷4)	Гаусса (0÷5)	Гаусса (0÷5)
0 ÷ 1	Высокий	S-образная (1÷5)	S-образная (2÷5)	S-образная (3÷5)

Четкие функции принадлежности представлены на рис. 6 и 7.

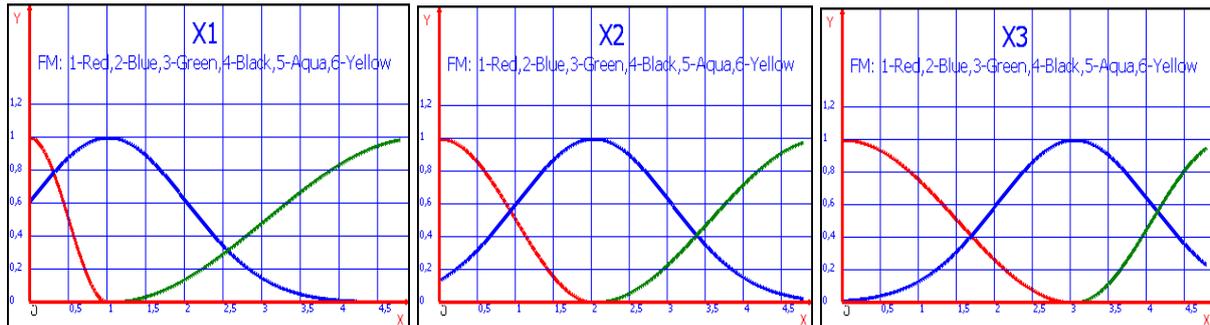


Рис. 6. Четкие функции принадлежности входных переменных

Соответствие интервала значений выходной переменной  $F(x)$  интервалу значений функции принадлежности  $\mu(x)$  представлено в табл. 2:

Таблица 2

Интервал значений $\mu(x)$	Лингвистическая принадлежность	Интервал значений выходной переменной $F(x)$
0 ÷ 1	Высокий	S-образная (8÷10)
0 ÷ 1	Низкий, средний	Гаусса (0÷8)
0 ÷ 1	Высокий	S-образная (8÷10)

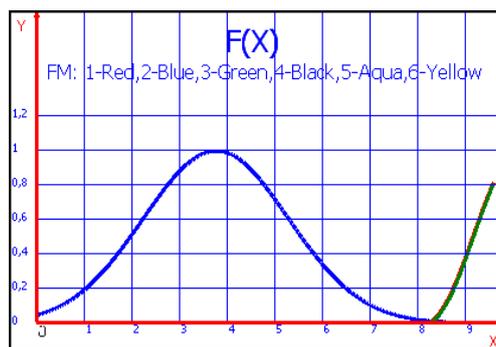


Рис. 7. Четкая функция принадлежности выходной переменной

Проверка адекватности разработанной модели поставленной задаче производилась путем оценки влияния оптимизируемых параметров  $x_1, x_2, x_3$  на значения целевой функции  $F(x_1, x_2, x_3)$ . Зависимости, представленные на рис. 8–10, показывают, что нечеткая модель правильно отражает влияние параметров – минимальное значение целевой функции достигается вблизи четких оптимальных значений  $x_1 = 1,0, x_2 = 2,0, x_3 = 3,0$  и приблизительно равно минимальному четкому значению целевой функции  $F(x_1, x_2, x_3)_{\min}$ .

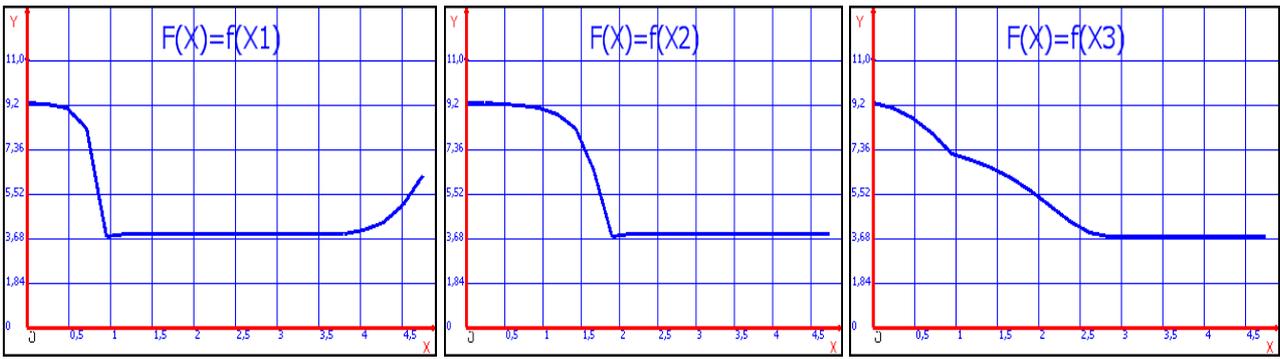


Рис. 8. Зависимости значений целевой функции от оптимизируемых параметров

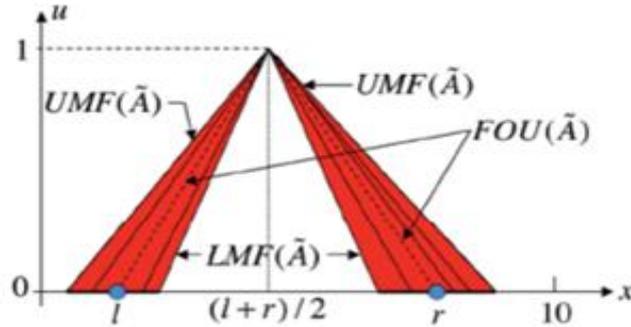


Рис. 9. Нечеткая функция принадлежности

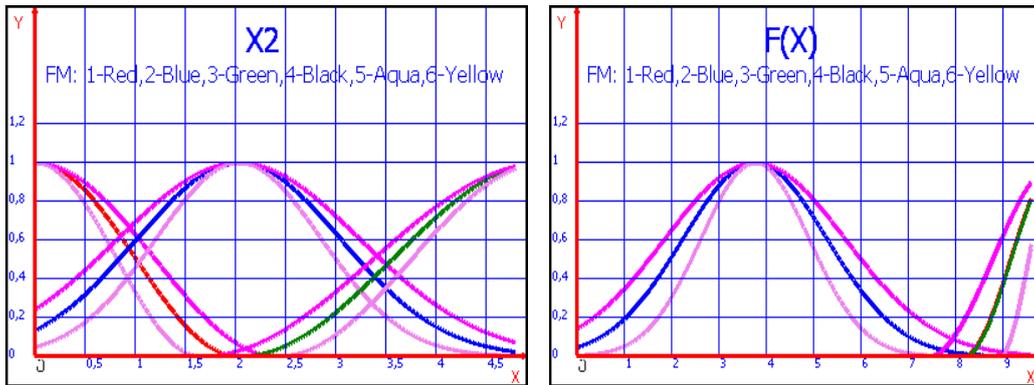


Рис. 10. Нечеткие функции принадлежности входной и выходной переменных

В результате моделирования получены зависимости значения целевой функции от нечетких параметров в виде диапазона возможных значений, представленные на рис. 11.

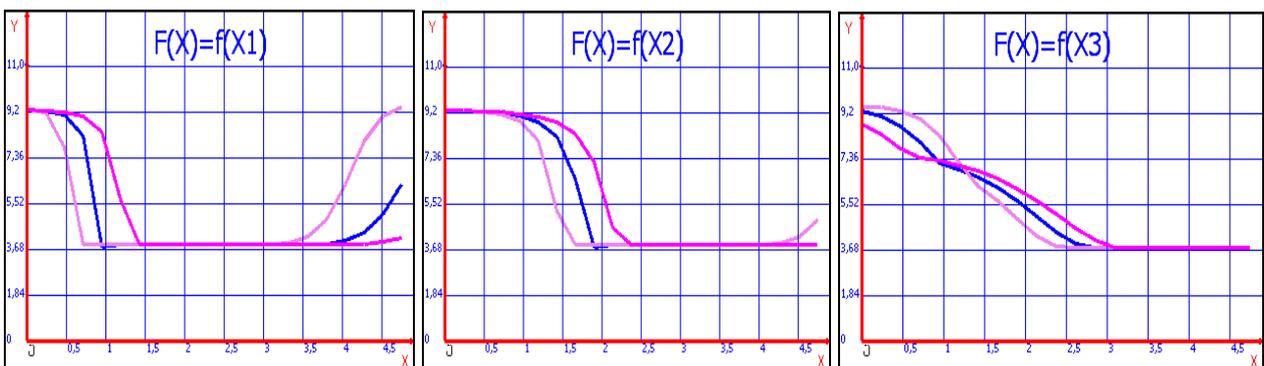


Рис. 11. Зависимости значений целевой функции от нечетких оптимизируемых параметров

## Вывод

Современное состояние нечеткого подхода к решению задач оптимизации показывает, что основные понятия и математические средства, используемые в решении задач нечеткой оптимизации, нуждаются в развитии.

Результаты моделирования процесса нечеткой оптимизации показали, что в результате оптимизации может быть получен диапазон возможных значений нечеткой целевой функции в зависимости от средних значений изучаемых параметров.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором компьютерной модели нечеткого поиска оптимума, реализованной в виде программы для ЭВМ.

## Список источников

1. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2007.
2. Лабинский А.Ю., Подружкина Т.А. Оптимизация методом случайного поиска как способ снижения техногенных рисков // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 1. С. 14–19.
3. Лабинский А.Ю. Оптимизация стоимости технической системы в зависимости от показателей надежности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 69–76.
4. Kaheman D. Unconstrained Optimization with Applications // Journal of Mathematical Modeling. 2017. Vol. 2.
5. Bunge M. Constrained Optimization // Journal of Mathematical Modeling. 2018. Vol. 3.
6. McCord M. Optimization. Empirical Demonstration with Applications // Mathematical and Computer Modeling. 2016. Vol. 2.
7. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975.
8. Лысенко И.В. Нечеткая оптимизация: новый подход к постановке и решению задач. СПб.: Труды СПИИРАН. 2004. № 1. Вып. 2.
9. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. М.: Радио и связь, 1989.
10. Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Система нечеткого вывода с нечеткими функциями принадлежности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 68–74.

## References

1. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyj risk: ucheb. / V.S. Artamonov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2007.
2. Labinskij A.Yu., Podruzhkina T.A. Optimizaciya metodom sluchajnogo poiska kak sposob snizhenie tekhnogennyh riskov // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2015. № 1. S. 14–19.
3. Labinskij A.Yu. Optimizaciya stoimosti tekhnicheskoy sistemy v zavisimosti ot pokazatelej nadezhnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 69–76.
4. Kaheman D. Unconstrained Optimization with Applications // Journal of Mathematical Modeling. 2017. Vol. 2.
5. Bunge M. Constrained Optimization // Journal of Mathematical Modeling. 2018. Vol. 3.
6. McCord M. Optimization. Empirical Demonstration with Applications // Mathematical and Computer Modeling. 2016. Vol. 2.
7. Himmel'blau D. Prikladnoe nelinejnoe programmirovanie. M.: Mir, 1975.

8. Lysenko I.V. Nechetkaya optimizaciya: novyj podhod k postanovke i resheniyu zadach. SPb.: Trudy SPIIRAN. 2004. № 1. Вып. 2.

9. Borisov A.N. Obrabotka nechetkoj informacii v sistemah prinyatiya reshenij. M.: Radio i svyaz', 1989.

10. Labinskij A.Yu., Utkin O.V. Sistema nechetkogo vyvoda s nechetkimi funkciyami prinadlezhnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 1. S. 68–74.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 06.04.2022

Принята к публикации: 28.08.2022

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 06.04.2022

Accepted for publication: 28.08.2022

*Информация об авторах:*

**Александр Юрьевич Лабинский**, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: labynsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

*Information about the authors:*

**Alexander Yu. Labinsky**, associate professor of the department of applied mathematics and information technologies 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: labynsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

УДК 614.849

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

✉ Дмитрий Алексеевич Колеров;

Антон Игоревич Потапов;

Олег Валерьевич Уткин.

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

✉ [dima11rus@inbox.ru](mailto:dima11rus@inbox.ru)

*Аннотация.* Проведён анализ статистических данных чрезвычайных ситуаций в России за десятилетний период на различных видах транспорта, проведена оценка риска чрезвычайных ситуаций на транспорте. Выделены основные причины и факторы, влияющие на их возникновение. Обоснована необходимость разработки и внедрения средств автоматизации создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте.

*Ключевые слова:* поддержка принятия управленческих решений, чрезвычайная ситуация, безопасность на транспорте, дорожно-транспортные происшествия

**Для цитирования:** Колеров Д.А., Потапов А.И., Уткин О.В. Комплексный анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций на транспорте // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 38–46.

## COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE CAUSES OF TRANSPORT EMERGENCIES

✉ Dmitriy A. Kolerov;

Anton I. Potapov;

Oleg V. Utkin.

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

✉ [dima11rus@inbox.ru](mailto:dima11rus@inbox.ru)

*Abstract.* The analysis of statistical data of emergencies in Russia for a ten-year period of years on various modes of transport has been carried out, and an assessment of the risk of emergencies in transport has been carried out. The main causes and factors influencing their occurrence are identified. The necessity of development and implementation of automation tools for the creation of an intelligent decision support system in the liquidation of emergency situations in transport is substantiated.

*Keywords:* management decision support, emergency situation, transport safety, traffic accidents

**For citation:** Kolerov D.A., Potapov A.I., Utkin O.V. Comprehensive analysis of the causes of transport emergencies // Prirodnye i tekhnogennnye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 3 (43). P. 38–46.

### Введение

Согласно данным официальных источников в России за 2012–2021 гг. ежегодно в среднем на транспорте происходит более 140 чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера [1], из которых подавляющее большинство составляют дорожно-транспортные происшествия (ДТП) – более 90 % (рис. 1). Столь высокое значение доли ДТП обусловлено в первую очередь тенденцией увеличения количества автотранспорта на дорогах, возрастанием средней плотности автомобильных потоков, а также человеческим фактором. В 2019 г. зафиксирован пик количества ДТП в стране, что, по всей видимости, было вызвано пандемией коронавируса, приведшей к увеличению доли использования личного, а не общественного транспорта. В дальнейшем также не исключено возникновение подобных пиков [2]. Растущая динамика ДТП может, как следствие, приводить и к увеличению социального ущерба [3].

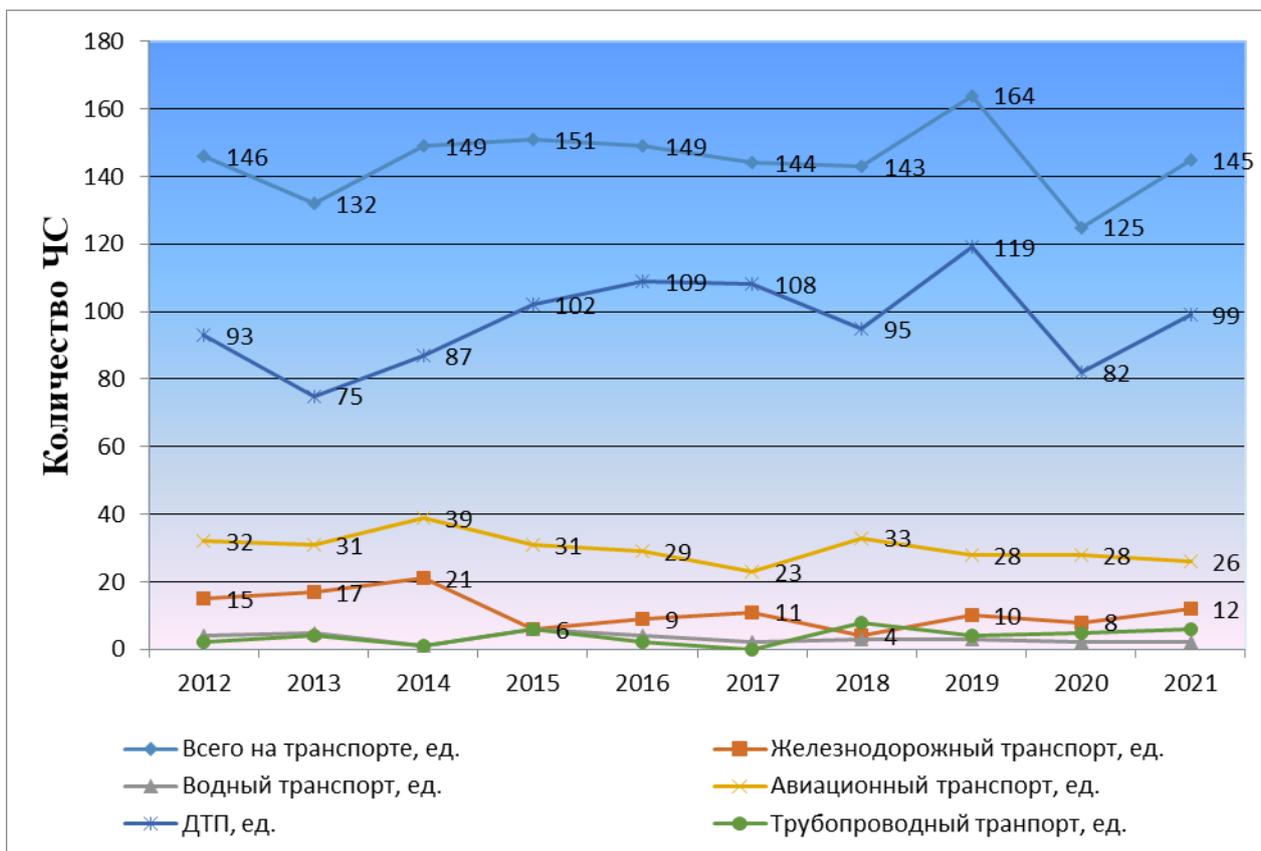


Рис. 1. Динамика ЧС на транспорте за 2012–2021 гг.

В настоящее время российскими и зарубежными учеными проведено достаточно много исследований, направленных на создание моделей и алгоритмов поддержки принятия управленческих решений в ЧС. Однако большинство существующих решений предназначены для деятельности лиц в области пожарной безопасности, очень незначительно уделено внимание поддержке принятия решений в области безопасности на транспорте. Высокий уровень риска ЧС на транспорте обуславливает необходимость проведения исследований, направленных на его снижение, на предупреждение ЧС на транспорте, на повышение эффективности деятельности спасательных подразделений при оперативном реагировании в случае их реализации.

Необходимо отметить, что чем выше уровень автоматизации деятельности спасательных подразделений, тем эффективней будет деятельность спасателей при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР), в том числе на транспорте [4]. Автоматизация деятельности спасательных подразделений будет повышать эффективность их функционирования в условиях риска и неопределённости при ведении АСДНР на транспорте за счёт сокращения времени принятия решений и минимизации человеческого фактора [5].

### Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на то что в целом в последнее годы на территории страны существует тенденция снижения индивидуального риска населения в ЧС (рис. 2), этот показатель все равно остаётся достаточно высоким (рис. 3), по крайней мере по сравнению со многими другими развитыми государствами [6].



Рис. 2. Индивидуальный риск населения в ЧС

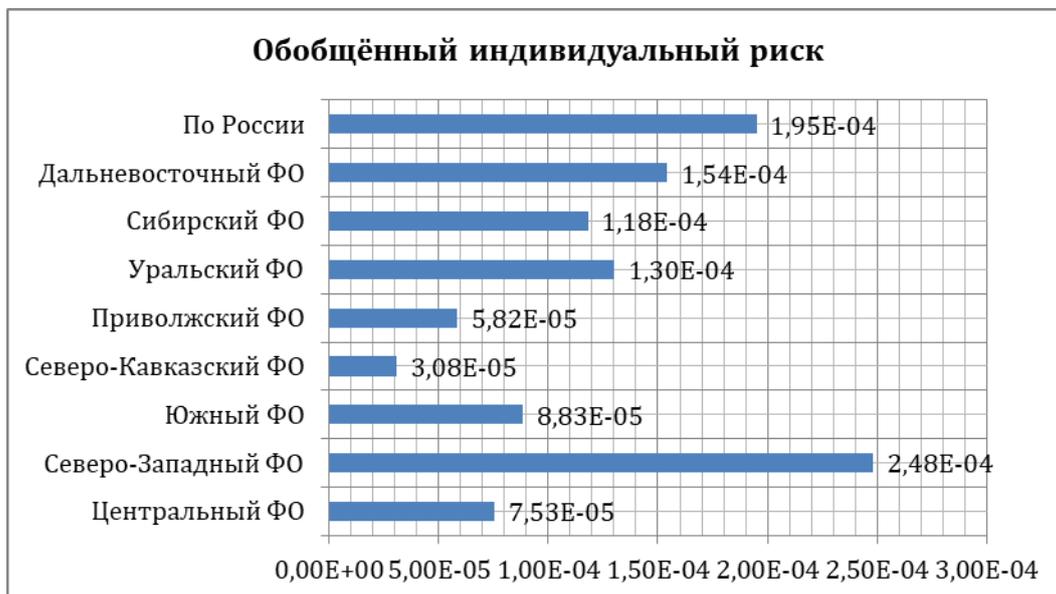


Рис. 3. Средняя величина индивидуального обобщенного риска гибели по Федеральным округам

В России практически во всех регионах сохраняется достаточно высокая вероятность возникновения ЧС на различных видах транспорта (рис. 4–7) [1], что требует постоянной работы в данном направлении.

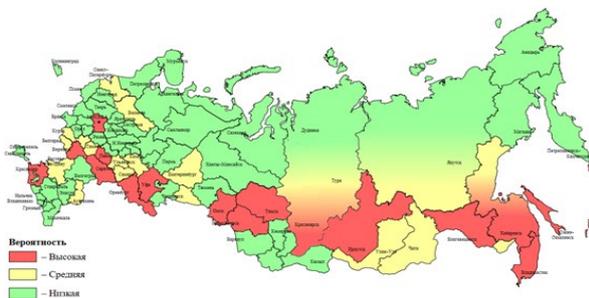


Рис. 4. Вероятность возникновения ЧС, связанных с авариями на железнодорожном транспорте в осенне-зимний период 2021–2022 гг.

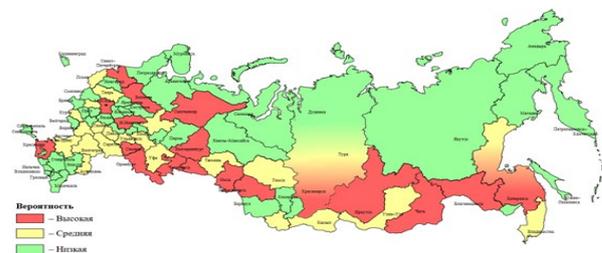


Рис. 5. Вероятность возникновения ЧС, связанных с авариями на железнодорожном транспорте в весенне-летний период 2022 г.

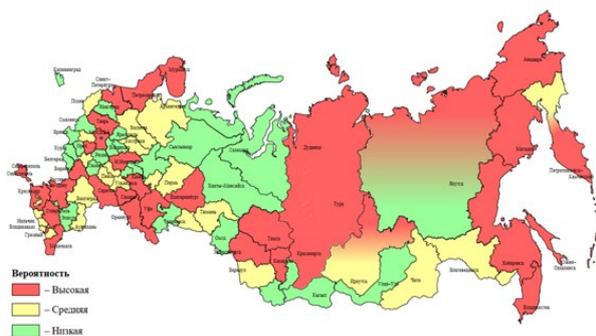


Рис. 6. Вероятность возникновения ЧС, связанных с затруднением движения на автодорогах в зимний период 2021–2022 гг.

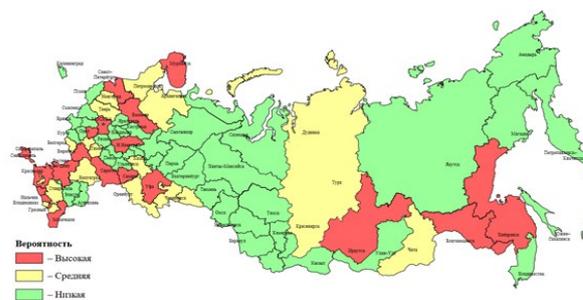


Рис. 7. Вероятность возникновения ЧС, связанных с затруднением движения на автодорогах в весенне-летний период 2022 г.

Проведем анализ причин и факторов, оказывающих влияние на высокие показатели риска ЧС на транспорте.

**Научно-технический прогресс.** Ежегодно появляются новые технологии, совершенствуется транспортная инфраструктура, что в целом ведет к увеличению количества транспорта в мире. Вводятся в эксплуатацию новые виды высокоскоростного транспорта. Однако это в еще большей степени актуализирует вопросы обеспечения безопасности на транспорте, являясь еще одним дополнительным фактором, приводящим к увеличению количества пострадавших людей в случае возникновения ЧС на транспорте. Российская Федерация занимает пятое место в мире по протяженности автомобильных дорог, третье – по протяженности железных дорог и первое – по протяженности морской границы, что обуславливает активное развитие и использование различных видов транспорта и, как следствие, увеличение риска ЧС (рис. 8).

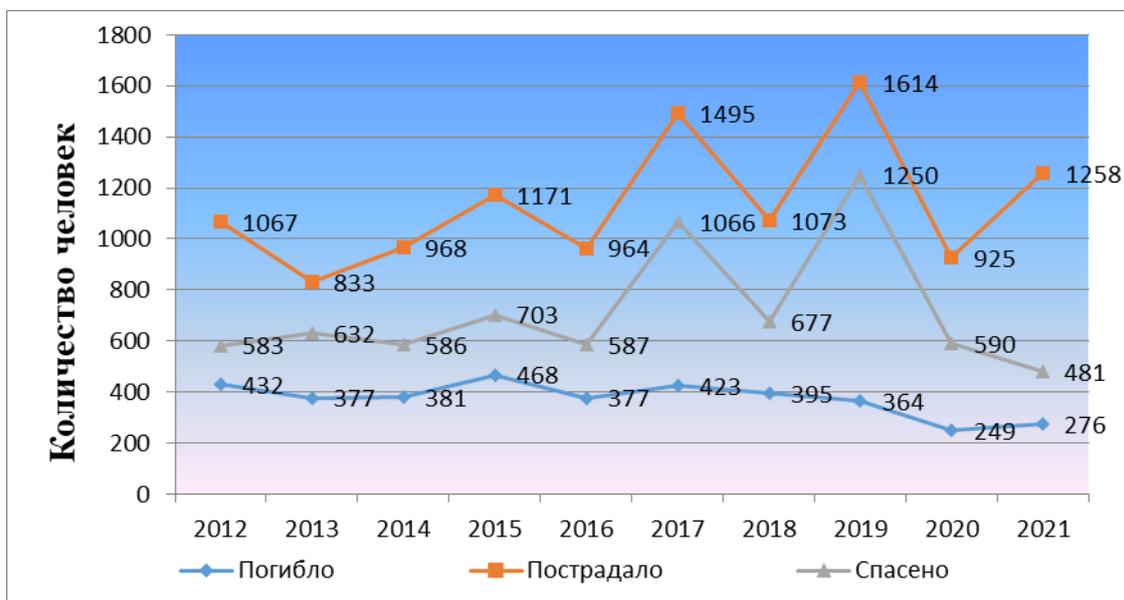


Рис. 8. Количество погибших, пострадавших и спасенных людей в ЧС на транспорте за 2012–2021 гг. в Российской Федерации

**Оперативность прибытия спасательных служб к месту ЧС.** Зачастую ЧС на транспорте случаются в труднодоступных и удалённых местах, что затрудняет своевременное прибытие пожарно-спасательного подразделения (ПСП) к месту ЧС. Например, за первую половину 2022 г. на территории России произошло 691 ДТП, на которые осуществляли реагирование спасательные подразделения МЧС России. Анализ результатов (рис. 9) показывает, что в 30 % всех выездов время прибытия превышает 10 мин.

(максимальное допустимое время прибытия к месту ЧС в городской зоне для ПСП). Из-за несвоевременности прибытия ПСП к месту ЧС упускается драгоценное время, и возрастает как возможный материальный ущерб, так и человеческие потери. Кроме того, существует угроза увеличения масштабов ЧС [7]. Ранее была выявлена взаимосвязь между временем реагирования спасательных подразделений МЧС России и показателями смертности при ДТП и ЧС на транспорте [8, 9].

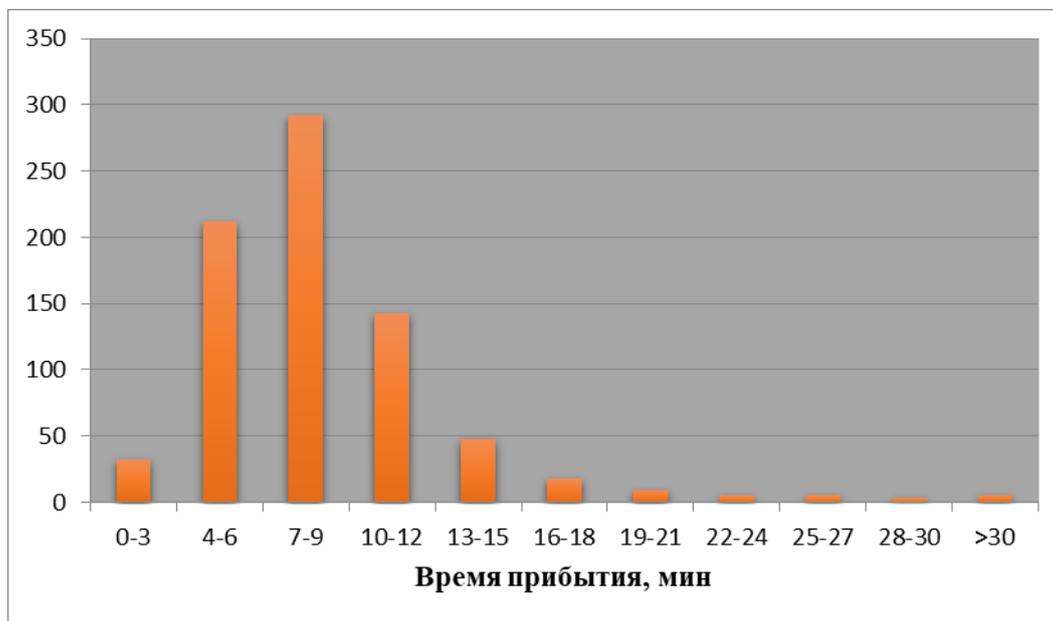


Рис. 9. Распределение времени прибытия спасательных подразделений к месту ДТП в первой половине 2022 г. на территории Российской Федерации

Зачастую время ликвидации аварий при ДТП исчисляется несколькими часами, что обусловлено сложностью проведения АСДНР при данном виде происшествий, иногда человеческим фактором, проявляющимся в недостаточном опыте личного состава ПСП, а также другими сопутствующими факторами. На рис. 10 представлено распределение времени занятости спасательных подразделений при ликвидации последствий ДТП в первой половине 2022 г. на территории Российской Федерации.

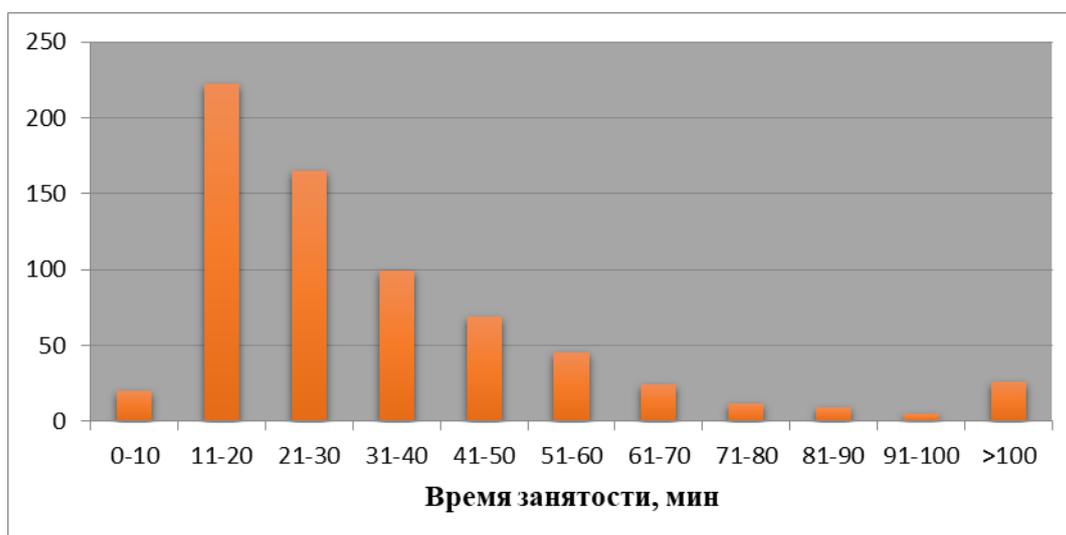


Рис. 10. Распределение времени занятости спасательных подразделений при ликвидации последствий ДТП в первой половине 2022 г. на территории Российской Федерации

**Социально-экономическое развитие.** Социально-экономическое развитие государства предполагает рост масштабов производства, развитие логистических цепочек, транспортной инфраструктуры. Данный процесс актуализирует проблему повышения безопасности на транспорте, а значит, и повышения уровня готовности спасательных подразделений для реагирования на транспортные ЧС и другие происшествия. Требуется обеспечение минимизации возможных негативных последствий от такого рода ЧС, снижение числа погибших и пострадавших в ДТП с целью предотвращения возможной социальной напряженности в обществе. Напомним, что подавляющая часть транспортных ЧС приходится на ДТП [10]. Таким образом, повышение эффективности управления спасательными подразделениями при реагировании на ЧС на транспорте (в том числе ДТП) необходимо считать одной из первоочередных задач.

**Культура безопасности жизнедеятельности.** В Российской Федерации по-прежнему сохраняются высокие показатели динамики нарушения правил среди населения, как дорожного движения (нарушение скоростного режима, правил передвижения по дорогам общего пользования и др.), так и эксплуатации различных видов транспортных средств с неудовлетворительным техническим состоянием. Данный факт обусловлен низкой дисциплиной участников дорожного движения, незначительными штрафами в случае нарушения ими правил.

Кроме того, сложившаяся в стране ситуация характеризуется низкой осведомленностью граждан об особенностях эксплуатации техники, об изменчивости погодных условий. В России создана и функционирует Общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения (ОКСИОН), система защиты от ЧС природного и техногенного характера, информирования и оповещения населения на транспорте (СЗИОНТ), однако они позволяют охватывать пока около 60 % населения при оповещении о возможных ухудшениях погодных условий и/или возникновении ЧС [11].

**Ошибки руководителей ликвидации ЧС.** Принятие правильного решения руководителем ликвидации ЧС затруднено множеством факторов. Во-первых, ликвидация ЧС на транспорте характеризуется большим риском и высокой степенью неопределенности, во-вторых, решения принимаются в условиях жесткого дефицита времени. Кроме того, достаточно часто руководителями ликвидации ЧС становятся еще достаточно молодые специалисты, не имеющие огромного опыта ликвидации ЧС, что влечёт за собой принятие ошибочных решений и увеличивает вероятность увеличения масштабов ЧС [12].

Задача эффективного проведения АСДНР при ликвидации ЧС на транспорте многокритериальна и требует иногда нестандартного подхода к её решению. Решение данной задачи лежит в первую очередь в сфере автоматизации и поддержки процесса принятия управленческих решений как на этапе планирования действий спасательных подразделений [13], так и на этапе непосредственно реагирования [14] на ЧС на транспорте.

Совершенствование и автоматизация моделей и алгоритмов поддержки принятия решений позволит повысить степень обоснованности и адекватности принятых решений, что в результате позволит снизить возможный ущерб и последствия ЧС на транспорте.

Реализация системы поддержки принятия решений по реагированию на ЧС на транспорте может оказывать помощь лицам, принимающим решения, проводить оценку возможных планов действий в ЧС, выбирать подходящее решение из множества альтернативных с учетом имеющихся разнородных данных о происшествиях, а также имеющихся знаний об аварийно-спасательных операциях, имевших место в прошлом, имеющихся ресурсах, особенностях межведомственного взаимодействия.

Кроме того, подобная система поддержки принятия решений может быть использована в качестве тренировочного инструмента для выявления сильных и слабых сторон при реагировании на ЧС на транспорте, подготовке лиц, принимающих решения.

## Заключение

Принятие решения руководителем ликвидации ЧС происходит в условиях риска и неопределенности. Кроме того, зачастую на принятие оптимального решения оказывает влияние человеческий фактор. При этом необходимо выполнить важнейшие задачи – минимизировать последствия от ЧС и избежать жертв за счёт применения новых организационно-технических и информационно-технологических решений. Таким образом, проблема повышения эффективности управленческих решений при ликвидации ЧС на транспорте имеет высокую степень практической значимости.

Одним из частичных разрешений данной проблемы является создание системы поддержки принятия решений при ликвидации ЧС на транспорте, использующей модели, методики и алгоритмы управления спасательными подразделениями МЧС России. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание современных моделей поддержки принятия решений, использующих возможности интеллектуального анализа данных [15–17], нечеткой логики и др.

### Список источников

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: гос. доклад. М.: МЧС России; Акад. гражданской защиты МЧС России, 2012–2021.
2. Митрошин Д.В., Баканов К.С., Мазурчук Т.М. Влияние социально-экономических кризисов на безопасность дорожного движения в России // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2021. № 1. С. 141–151. DOI: 10.24412/2071-6435-2021-1-141-151. EDN: BIQFEM.
3. Андреев И.В. Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие в них, на территории российской федерации в летний период // NovaInfo.Ru. 2021. № 121. С. 62–65. EDN: ZKCROW.
4. Кужева С.Н., Лещенко Н.П. Методы принятия управленческих решений: учеб. пособие. Омск: Изд-во Омского гос. ун-та, 2022. 126 с. ISBN 978-5-7779-2587-7.
5. Макрусев В.В. Основы системного анализа: учеб., 2-е изд. СПб.: Троицкий мост, 2022. 250 с. ISBN 978-5-4377-0138-6.
6. Chaiya C., Pal I., Pinthong P. Paradigm of disaster risk reduction: a comparative study of five Asian countries // Social Science Asia. 2022. Vol. 8. № 3. С. 1–33.
7. Матвеев А.В., Колеров Д.А. Перспективы применения искусственного интеллекта при реагировании на ЧС // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2021. С. 726–730. EDN: IXSYX.
8. 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.
9. Matveev A., Maksimov A., Vodnev S. Methods improving the availability of emergency-rescue services for emergency response to transport accidents // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. P. 507–513. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.137. EDN: AWTRJK.
10. Система поддержки принятия решений по обеспечению безопасности на транспорте при реагировании на чрезвычайные ситуации: учебный прототип / С.В. Юн [и др.] // Системы поддержки принятия решений. 2008. Т. 46. № 1. С. 139–148.
11. Лукьянович А.В., Алымов А.В., Пашков А.А. Оценка качества системы защиты, информирования и оповещения населения при чрезвычайных ситуациях на транспорте // Безопасность в техносфере. 2014. Т. 3. № 3. С. 43–46. DOI: 10.12737/4941.
12. Reliable and smart decision support system for emergency management based on crowdsourcing information. In Exploring Intelligent Decision Support Systems / K. Villela [et al.] // Exploring Intelligent Decision Support Systems. 2018. P. 177–198. DOI:10.1007/978-3-319-74002-7\_9.

13. Матвеев А.В. Стратегическое планирование сил и средств МЧС России в Арктической зоне // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2017. № 4 (20). С. 32–42. EDN: NRZQFX.

14. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 75–81.

15. Matveev A., Maximov A., Bogdanova E. Intelligent decision support system for transportation emergency response // Transportation Research Procedia. 2020. № 50. P. 444–450. EDN: FACOLJ.

16. Богданова Е.М., Матвеев А.В. Формализация модели интеллектуальной поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации на транспорте // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 100–107. EDN: XFPPAA.

17. Куватов В.И., Горбунов А.А., Колеров А.А. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 2. С. 116–124. EDN: MANVIT.

### References

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: гос. доклад. М.: МЧС России; Акад. гражданской защиты МЧС России, 2012–2021.

2. Mitroshin D.V., Bakanov K.S., Mazurchuk T.M. Vliyanie social'no-ekonomicheskikh krizisov na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v Rossii // ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika. 2021. № 1. S. 141–151. DOI: 10.24412/2071-6435-2021-1-141-151. EDN: BIQFEM.

3. Andreev I.V. Dorozhno-transportnye proisshestviya i postradavshie v nih, na territorii rossijskoj federacii v letnij period // NovaInfo.Ru. 2021. № 121. S. 62–65. EDN: ZKCROW.

4. Kuzheva S.N., Leshchenko N.P. Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. Omsk: Izd-vo Omskogo gos. un-ta, 2022. 126 c. ISBN 978-5-7779-2587-7.

5. Makrusev V.V. Osnovy sistemnogo analiza: ucheb., 2-e izd. SPb.: Troickij most, 2022. 250 c. ISBN 978-5-4377-0138-6.

6. Chaiya C., Pal I., Pinthong P. Paradigm of disaster risk reduction: a comparative study of five Asian countries // Social Science Asia. 2022. Vol. 8. № 3. S. 1–33.

7. Matveev A.V., Kolerov D.A. Perspektivy primeneniya iskusstvennogo intellekta pri reagirovani na CHS // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Monitoring, predotvrashchenie i likvidaciya chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennoho haraktera: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2021. S. 726–730. EDN: IXSYYX.

8. 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.

9. Matveev A., Maksimov A., Vodnev S. Methods improving the availability of emergency-rescue services for emergency response to transport accidents // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. P. 507–513. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.137. EDN: AWTRJK.

10. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po obespecheniyu bezopasnosti na transporte pri reagirovani na chrezvychajnye situacii: uchebnyj prototip / S.V. YUn [i dr.] // Sistemy podderzhki prinyatiya reshenij. 2008. T. 46. № 1. S. 139–148.

11. Luk'yanovich A.V., Alymov A.V., Pashkov A.A. Ocenka kachestva sistemy zashchity, informirovaniya i opoveshcheniya naseleniya pri chrezvychajnyh situaciyah na transporte // Bezopasnost' v tekhnosfere. 2014. T. 3. № 3. S. 43–46. DOI: 10.12737/4941.

12. Reliable and smart decision support system for emergency management based on crowdsourcing information. In Exploring Intelligent Decision Support Systems / K. Villela [et al.] // Exploring Intelligent Decision Support Systems. 2018. P. 177–198. DOI:10.1007/978-3-319-74002-7\_9.

13. Matveev A.V. Strategicheskoe planirovanie sil i sredstv MCHS Rossii v Arkticheskoy zone // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2017. № 4 (20). S. 32–42. EDN: NRZQFX.

14. Krupkin A.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Programmnoe obespechenie sistemy podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu silami i sredstvami garnizona pozharnej ohrany // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2015. № 4 (36). S. 75–81.

15. Matveev A., Maximov A., Bogdanova E. Intelligent decision support system for transportation emergency response // Transportation Research Procedia. 2020. № 50. P. 444–450. EDN: FACOLJ.

16. Bogdanova E.M., Matveev A.V. Formalizatsiya modeli intellektual'noj podderzhki prinyatiya reshenij pri reagirovanii na chrezvychajnye situatsii na transporte // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 2. S. 100–107. EDN: XFPPAA.

17. Kuvatov V.I., Gorbunov A.A., Kolerov A.A. Metod intellektual'noj podderzhki upravlencheskih reshenij s pomoshch'yu associativnyh svyazey pri prognozirovanii chrezvychajnyh situatsij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 2. S. 116–124. EDN: MANVIT.

#### **Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 25.08.2022

Принята к публикации: 16.09.2022

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

Article was received by the editorial office: 25.08.2022

Accepted for publication: 16.09.2022

#### *Информация об авторах:*

**Колеров Дмитрий Алексеевич**, начальник кабинета кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: dimal1rus@inbox.ru

**Потапов Антон Игоревич**, адъюнкт кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: k-t25@list.ru

**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: k-t25@list.ru

#### *Information about the authors:*

**Dmitriy A. Kolerov**, head of the office 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), e-mail: dimal1rus@inbox.ru

**Anton I. Potapov**, adjunct of the department of applied mathematics and information technologies of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: k-t25@list.ru

**Oleg V. Utkin**, senior lecturer of the department of applied mathematics and information technologies of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: k-t25@list.ru

# ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

## ЭКОНОМИЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ, ВКЛЮЧАЯ ВЕТРЯНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

✉ Вахид Насириан.

Университет Шахида Бехешти, Тегеран, Иран

✉ [vahidpowerelec@gmail.com](mailto:vahidpowerelec@gmail.com)

*Аннотация.* В настоящем исследовании изучается экономичное распределение нагрузки в электрических сетях, включая ветряные электростанции, с точки зрения повышения надежности для обеспечения наилучшего качества электрической энергии с точки зрения стабильности и непрерывности передачи энергии конечным пользователям. Для достижения этой цели была использована нечеткая система с конкретными входными данными и правилами, регулирующими взаимодействие между ними. Распределение экономической нагрузки определяется с использованием нечеткой логики и нечетких входных данных, а с использованием модели SIMULINK и алгоритма оптимизации TLBO нечеткая часть оптимизируется для повышения надежности системы. Научной новизной является использование двух контроллеров MVR, а также алгоритма TLBO для улучшения нечеткой секции, который направлен на повышение стабильности и надежности системы. Результаты показывают, что он имеет экономичную загрузку, отправка была выполнена до минимального значения, система была стабилизирована, а ее надежность повышена. Наконец, исследование было валидировано с помощью программного обеспечения GAMS, и результаты были подтверждены.

*Ключевые слова:* возобновляемая энергетика, экономичное распределение нагрузки, ветротурбина, нечеткая система, надежность энергосистем

**Для цитирования:** Насириан Вахид. Экономичное распределение нагрузки в электросетях, включая ветряные электростанции, с точки зрения повышения надежности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 47–57.

## ECONOMIC LOAD DISPATCH IN POWER GRIDS INCLUDING WIND FARMS FROM A RELIABILITY UPGRADING PERSPECTIVE

✉ Vahid Nasirian.

Shahid Beheshti university, Tehran, Iran

✉ [vahidpowerelec@gmail.com](mailto:vahidpowerelec@gmail.com)

*Abstract.* The present research studies the economic load dispatch in power grids including wind farms from a reliability upgrading perspective to deliver the best quality electrical energy in terms of steadiness and continuity in energy transfer to subscribers. A fuzzy system with specific inputs and the rules governing between them has been used to achieve this goal. Economic load dispatch is detected using fuzzy logic and fuzzy inputs and using the SIMULINK model and TLBO optimization algorithm, the fuzzy part is optimized to upgrade the reliability of the system. The innovation used two MVR controllers as well as the TLBO algorithm for improvement of the fuzzy section, which aims to increase the stability and reliability of the system. The results indicate that it has an economic load dispatch was done up to a minimum value and the system was stabilized and its reliability has been increased. Finally, the research was validated using GAMS software and the results were confirmed.

*Keywords:* renewable energy, economic load dispatch, wind turbine, fuzzy system, reliability of power systems

**For citation:** Nasirian Vahid. Economic load dispatch in power grids including wind farms from a reliability upgrading perspective // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2022. № 3 (43). P. 47–57.

## Introduction

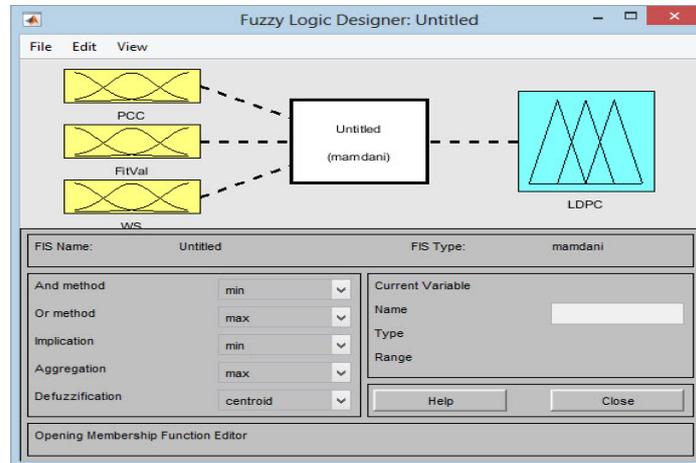
The use of wind power as a source of renewable energy that is free of environmental pollution is increasing because of the depletion of fossil fuels and their adverse effects. Therefore, a lot of research has been done on the amount of capacity that can be installed in wind power plants alongside conventional thermal power plants. Research has also been done in this area. In [1], Seyed Shenava et al. (2015) provided methods for finding the voltage stability zone, both in permanent and transient states, and power generation by wind power plants for power systems. Due to the lack of change in stability and approaching the voltage breaking point, they also provided the desired active and reactive injectable load and power to the network. In [2] Monsef et al. (2010) proposed a method for modeling wind power. This method, which is a combination of simulation and analytical methods, initially the mechanical behavior of each wind farm turbine is modeled by the Monte Carlo method sequentially and according to the wind speed of the region, the Markov model is used to model the final output power of the wind farm. In reference [3], Ahmadi et al. (2011) calculated reliability indices using MATLAB software in the presence and absence of wind power plant and compared the results. Also, using these indicators, the economic analysis of this project was performed. In reference [4] Ramezani et al. (2012), modeled and analyzed the effect of wind power plants on the interchangeability between regions. For this purpose, Monte Carlo simulation and optimal load dispatch method were used to model and evaluate the probability of interchangeability. In the proposed method, the constraints related to the production resources, the thermal limit of the lines, and the allowable voltage of the buses have been considered in evaluating the exchangeability. In reference, Elyasi et al. (2014) proposed a new method based on minimum discontinuity sets for modeling reliability, reliability assessment, and reliability-based analyses in combined power systems with Bayesian networks, and the proposed method was launched in the RBTS network.

In Reference [5], Jabbari et al. (2014) showed that a fixed-speed wind turbine converter is more reliable than a wind turbine converter with a dual-feed induction generator, and in this regard, a wind turbine with a dual-feed induction generator is superior to a wind turbine with full-capacity frequency converter. In reference [6], Akbari (2013) presented a study entitled «Optimal resolution of the economic load dispatch issue with the presence of wind power plant using genetic algorithm». In reference [7], Ghasemi et al. (2012) presented a study entitled «Economic load dispatch based on the improved ABC method with nonlinear constraints». The results obtained from the proposed algorithm were compared with other algorithms and showed the efficiency, accuracy, and speed of this algorithm in solving the problem of economic load dispatch. In the present study, economic load dispatch using fuzzy logic and TLBO optimization algorithm, which optimizes the fuzzy section, has been used for wind power plant reliability.

## Research modeling

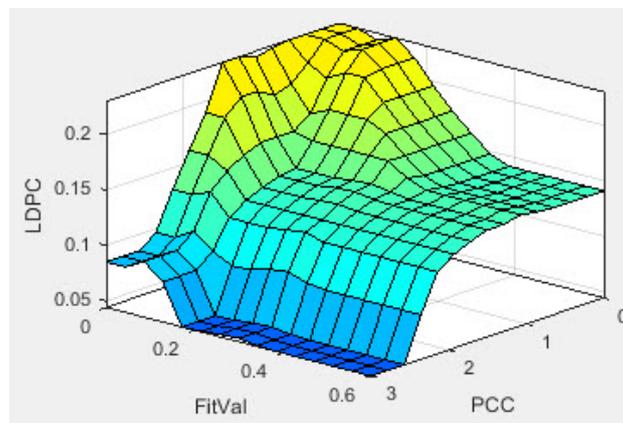
In this research, a new approach of economic load dispatch has been studied to minimize the cost of generating electricity in wind turbines. Due to the uncertainty in such systems, fuzzy logic is considered as an efficient system and in general, combining the fuzzy logic system with Mamdani inference with the TLBO algorithm can solve the problems in economic load dispatch in power systems and renewable energies such as wind turbines. The simulation is performed in the coding and Simulink environment of MATLAB.

Due to its unpredictable and variable wind energy characteristics, its integration into production systems will cause the operator to worry about system security. Inputs include parameter control current (PCC), fitting variance for the TLBO algorithm (FitVal), and wind speed (WS). The output is also for economic load dispatch parameter control (LDPC). In general, Mamdani fuzzy inference system is as shown in pic. 1.



Pic. 1. Mamdani fuzzy inference system in this research

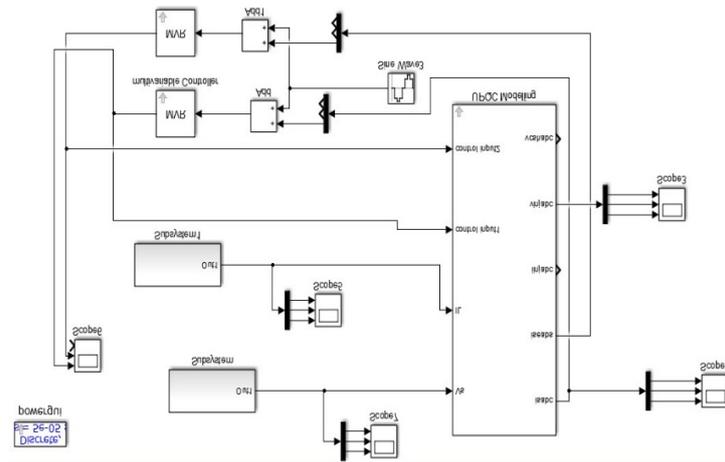
The fuzzy level, which represents the output of the fuzzy problem, is shown in pic. 2. The output of this fuzzy section is sent to Simulink and in the case of economic load dispatch in the wind turbine is sent in its block diagram in Simulink, and also the output of this section is sent to the TLBO algorithm for optimization.



Pic. 2. Fuzzy surface

At the beginning of creating the wind turbine structure and economic load dispatch model, general settings for simulation should be provided. The wind turbine needs adjustments. This data is embedded in an Excel file and entered into existing codes and Simulink. This data is related to the general adjustments of a wind turbine, and datasets of Turkey and northwestern regions of Iran as well as Miller & Keith datasets have been used to extract the data.

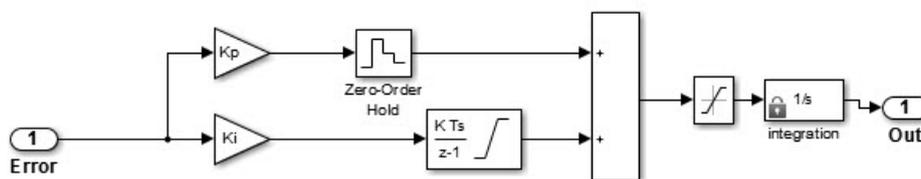
Then the wind turbine block diagram should be modeled for optimal economic load dispatch in the Simulink environment. Wind turbines should also be designed for this purpose. This design is done in Simulink, and the main and completed model is in the form of pic. 3.



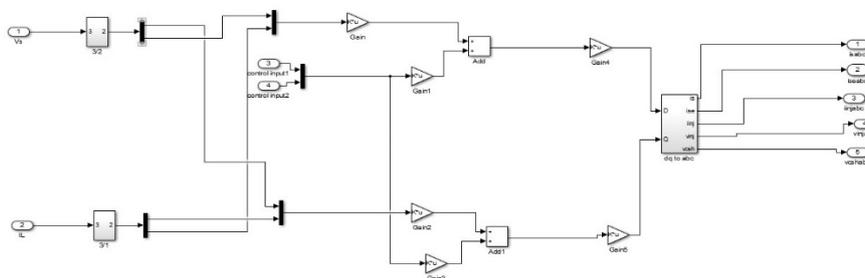
Pic. 3. Simulink model of wind turbine for optimal economic load dispatch

The main components of this model are created by two fuzzy variable controllers called MVR. The upper MVR is for the fuzzy part and the lower MVR is for sending the output port to the command line and then using the TLBO algorithm, which together provides a Fuzzy-TLBO structure and receives their commands from the command line when executing the available codes. There are subsystems in this Simulink. The subsystem, which has two parts, once receives the complete information of the wind turbine and once receives it as a fuzzy part with uncertainty. There is also a part called UPQC, which is one of the control blocks in Simulink in MATLAB, which is a Distributed generation (DG) part on which control loops in the system are applied.

The fuzzy controller is shown in Figure (4) and shows the complete structure of the fuzzy output section and sending to the command line as input of TLBO algorithm is as shown in pic. 5.

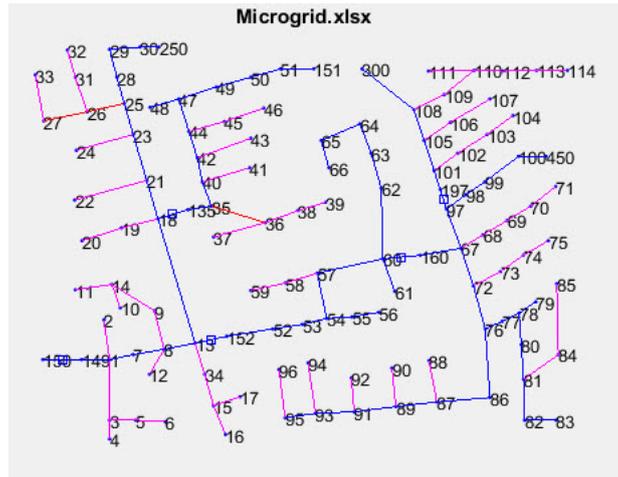


Pic. 4. Fuzzy controller



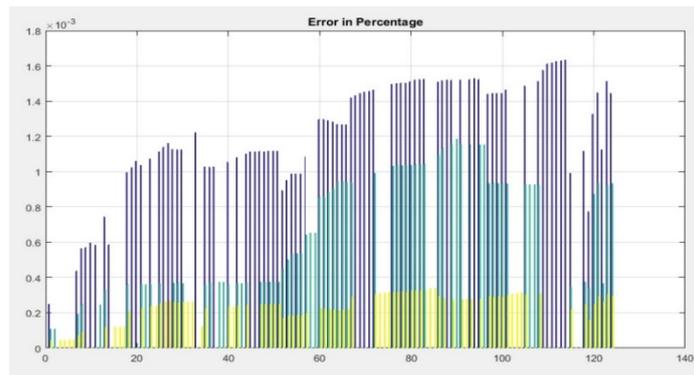
Pic. 5. View of the complete fuzzy output structure and sending to the command line as input to the TLBO algorithm with full settings

The data entered for the connection of nodes in the wind turbine can be shown in pic. 6.



Pic. 6. Node connections in the wind turbine microgrid

Also, the errors in the wind turbine in terms of percentage during the optimal transfer and distribution of loads on the wind turbine surface are as shown in pic. 7. This output can consider the reliability of a wind turbine system in economically optimal load dispatch.



Pic. 7. Errors in wind turbines in percentage during optimal transmission and distribution times

The system errors are small and its maximum is 1.6 and the system works with 98.4 % accuracy. At the end of the work, the dispatch of economic load starts from a certain amount and is done up to a minimum amount.

```
Total Losses : 98.1758 kW
-----PHASE VOLTAGES -----
NODE  VAn (pu)  VAn (deg)  VBn (pu)  VBn (deg)  VCn (pu)  VCn (deg)
N1    0.9972 < -0.6606  1.0075 < -120.3300  1.0009 < 119.6149
N2    .          .          1.0073 < -120.3344  .
N3    .          .          .          .          0.9993 < 119.5827
N4    .          .          .          .          0.9988 < 119.5724
N5    .          .          .          .          0.9980 < 119.5575
N6    .          .          .          .          0.9974 < 119.5447
N7    0.9877 < -1.1459  1.0057 < -120.5938  0.9951 < 119.3604
N8    0.9816 < -1.4680  1.0045 < -120.7692  0.9912 < 119.1856
N9    0.9801 < -1.4979  .          .          .
N10   0.9781 < -1.5387  .          .          .
N11   0.9778 < -1.5445  .          .          .
N12   .          .          1.0042 < -120.7749  .
N13   0.9734 < -1.9153  1.0023 < -121.0158  0.9854 < 118.8965
```

Pic. 8. Optimal economical load dispatch analysis in wind turbines using fuzzy system

The results indicate that the optimal economic load dispatch in the wind turbine using the fuzzy system has been done to a minimum.

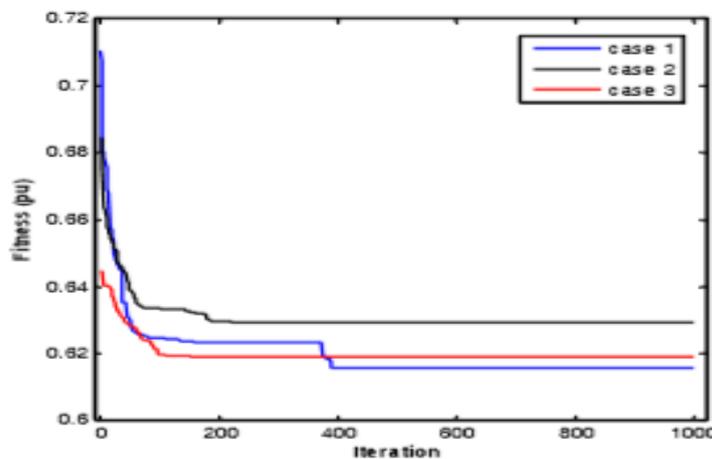
Total Losses : 97.3858 kW

-----PHASE VOLTAGES-----						
NODE	VAn (pu)	VAn (deg)	VBn (pu)	VBn (deg)	VCn (pu)	VCn (deg)
N1	0.9971	< -0.6474	1.0074	< -120.3275	1.0009	< 119.6171
N2	.	.	1.0072	< -120.3319	.	.
N3	.	.	.	.	0.9993	< 119.5851
N4	.	.	.	.	0.9988	< 119.5748
N5	.	.	.	.	0.9980	< 119.5601
N6	.	.	.	.	0.9974	< 119.5473
N7	0.9876	< -1.1228	1.0056	< -120.5896	0.9951	< 119.3643
N8	0.9814	< -1.4381	1.0043	< -120.7637	0.9912	< 119.1905
N9	0.9799	< -1.4675	.	.	.	.
N10	0.9779	< -1.5070	.	.	.	.
N11	0.9776	< -1.5133	.	.	.	.
N12	.	.	1.0040	< -120.7694	.	.
N13	0.9731	< -1.8756	1.0020	< -121.0084	0.9854	< 118.9030

Pic. 9. Optimal economical load dispatch analysis in wind turbines using a combination of fuzzy system and TLBO algorithm

The results show that the optimal economic load dispatch in the wind turbine has been done to a minimum by using a combination of the fuzzy system and TLBO algorithm, and the reliability of the system has increased compared to the case where only the fuzzy system has been used. The system has become more stable and its reliability has increased.

The work is compared with a sample of work done, which shows that the convergence in the two works has been done from a value to a minimum. Pic. 10 is an example of a combined study of economic load dispatch and reliability assessment with the PSO-SIF algorithm.



Pic. 10. Convergence characteristic of the experimental system with the PSO-SIF algorithm [10]

Then another simulation is performed in the GAMS environment. In this research, CPLEX has been used, which allows the combination of advanced and optimal modeling for statistical analysis. CPLEX optimizer is for solving difficult problems with minimum runtime to show the best result. Execution time is as shown in pic. 11.

```

COMPILATION TIME      =          0.000 SECONDS      3 MB  24.1.2 r40979 WEX-WEI
GAMS 24.1.2 r40979 Released Jun 16, 2013 WEX-WEI x86_64/MS Windows 11/01/18 16:42:29 Page 2
General Algebraic Modeling System
Equation Listing      SOLVE MINCOST Using LP From line 45

```

Pic. 11. Run time

A, B, C, and D are the four main parameters of the program. The cost calculation formula is as shown in pic. 12.

```

---- COST =E= TOTAL COST
COST.. - 2*P(A) - 17*P(B) - 20*P(C) - 28*P(D) - 5*R(C) - 7*R(D) + Z =E= 0 ;
(LHS = 0)

```

Pic. 12. Cost calculation formula

The maximum capacity at the time of optimal economic load dispatch in the wind turbine is as shown in pic. 13. The maximum energy capacity is 250 for A, 230 for B, and 240 for C.

```

---- MAXC =L= MAXIMUM CAPACITY
MAXC(A).. P(A) + R(A) =L= 250 ; (LHS = 0)
MAXC(B).. P(B) + R(B) =L= 230 ; (LHS = 0)
MAXC(C).. P(C) + R(C) =L= 240 ; (LHS = 0)
REMAINING ENTRY SKIPPED

```

Pic. 13. Maximum capacity during optimal economic load dispatch in wind turbine

The maximum capacity to hold energy can be seen in pic. 14. The maximum capacity to hold energy is zero for A, 160 for B, and 190 for C.

```

---- MAXRR =L= MAX RESERVE
MAXRR(A).. R(A) =L= 0 ; (LHS = 0)
MAXRR(B).. R(B) =L= 160 ; (LHS = 0)
MAXRR(C).. R(C) =L= 190 ; (LHS = 0)
REMAINING ENTRY SKIPPED

```

Pic. 14. Maximum capacity to hold energy

Determining the cost probabilities for the 4 inputs is as shown in pic. 15.

```

----- P
P (A)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -2 COST
      1 MAXC (A)
      1 BALANCE

P (B)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -17 COST
      1 MAXC (B)
      1 BALANCE

P (C)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -20 COST
      1 MAXC (C)
      1 BALANCE
    
```

Pic. 15. Determining cost probabilities for 4 inputs

Determining the actual cost for the 4 inputs are as shown in pic. 16.

```

----- R
R (A)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      1 MAXC (A)
      1 MAXRR (A)
      1 MINRESERVE

R (B)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      1 MAXC (B)
      1 MAXRR (B)
      1 MINRESERVE

R (C)
      (.LO, .L, .UP, .M = 0, 0, +INF, 0)
      -5 COST
      1 MAXC (C)
      1 MAXRR (C)
      1 MINRESERVE
    
```

Pic. 16. Determining the actual cost for 4 inputs

Pic. 16 shows the loops used in the program. So that, a «for» or «while» loop is used. The number of blocks of equations for the statistics of the proposed model is equal to 5, the number of blocks of variables is equal to 3, the number of non-zero elements is equal to 27, the single equations are equal to 11 and the individual variables are equal to 9. Production and execution were done immediately.

```

LOOPS                                FOR/WHILE  1

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS                   5    SINGLE EQUATIONS           11
BLOCKS OF VARIABLES                   3    SINGLE VARIABLES           9
NON ZERO ELEMENTS                     27

GENERATION TIME      =      0.000 SECONDS      4 MB  24.1.1.2 r40979 WEX-WEI

EXECUTION TIME      =      0.000 SECONDS      4 MB  24.1.1.2 r40979 WEX-WEI
      L O O P S                F O R / W H I L E  1
    
```

Pic. 17. Program specifications in terms of equations

Pic. 17 shows a summary of the solution using CPLEX. There are restrictions on the use of resources and the iteration counter.

```

              S O L V E      S U M M A R Y

MODEL  MINCOST              OBJECTIVE  Z
TYPE   LP                  DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX               FROM LINE 45

**** SOLVER STATUS      1 Normal Completion
**** MODEL STATUS      1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE          1800.0000

RESOURCE USAGE, LIMIT      0.500      1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT     2      2000000000
    
```

Pic. 18. Summary of the solution

Pic. 18 shows the economical distribution costs of optimal load dispatch in a wind turbine, which has 4 modes including Lower, Level, Upper, and Marginal for 4 inputs including A, B, C, and D.

```

              LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- EQU COST          .          .          .          1.000

      COST  TOTAL COST

---- EQU MAXC  MAXIMUM CAPACITY

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

A   -INF      250.000  250.000  -15.000
B   -INF      210.000  230.000      .
C   -INF      90.000   240.000      .
D   -INF      .        250.000      .
    
```

Pic. 19. Economic distribution costs of optimal economic load dispatch in wind turbines

Pic. 19 shows the maximum reserved costs of economical distribution of the optimal economic load dispatch in a wind turbine in 4 modes including Lower, Level, Upper, and Marginal for 4 inputs including A, B, C, and D.

---- EQU MAXRR		MAX RESERVE			
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL	
A	-INF	.	.	.	
B	-INF	160.000	160.000	-5.000	
C	-INF	90.000	190.000	.	
D	-INF	.	150.000	.	
		LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU BALANCE		300.000	300.000	300.000	17.000
---- EQU MINRESERVE		250.000	250.000	250.000	5.000

Pic. 20. Maximum reserved costs of economic distribution of optimal economic load dispatch in wind turbines

The results obtained with GAMS software confirm the accuracy of the results of the work done with Simulink.

### Conclusion

The purpose of this study is the economic load dispatch in power grids including wind farms from a reliability upgrading perspective. By running the Simulink model of wind turbine for optimal economic load dispatch, first, the fuzzy part is executed and then it is sent to the Simulink model. The TLBO algorithm gives a high MVR optimization based on the fuzzy system and, when executed, shows the various outputs of the system, indicating that the system is working almost intermittently and that the optimization has taken place, which is the argument for optimization. Economic load dispatch at the end of the research has been determined to be done after optimization to a minimum value. In this research, economic load dispatch is done to a minimum value at the end and the system error is low (about 1.6) and to reduce error from this value to lower values, other methods can be tried for future work.

### References

1. Evaluation of transient voltage stability of power grid in connection to wind power plants / Seyed Shenava [et al.] // National Conference on Technology: Energy and data with electrical and computer engineering approach. 2015.
2. Mosaybian, Mohammad Ehsan, Hassan Monsef. Presenting a combined method for wind power plant modeling in assessing the reliability of power systems: 25th International conference on electricity. Tehran, Tavanir Company, Niroo Research Institute, 2010.
3. Ahmadi Hamed, Ghasemi Hasan, Lesani Hamid. Investigation of the effects of wind power plants on the stability and operation of the power grid // Faculty of electrical and computer engineering. University of Tehran, 2011.
4. Falaghi Hamid, Maryam Ramezani, Mahmoud Reza Haghifam. Analysis of the effect of wind power plants on the exchangeability of transmission networks in the power system // Quarterly Journal of Modeling in Engineering. 2012. № 10 (30).
5. Jabbari Hossein, Ali Peiravi. Reliability assessment of electronic power converters for network turbines connected to the grid: 21st Iranian Conference on Electrical Engineering. Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad, 2013.

6. Akbari Ehsan. Optimal solution of economic load distribution problem with the presence of wind power plant with the help of a genetic algorithm: The first national conference on the environment. 2013.

7. Economic load dispatch based on the improved ABC method by applying nonlinear constraints / Ghasemi Marzbali [et al.]: Conference on quality and efficiency in the electricity industry, 2012.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 27.07.2022

Принята к публикации: 29.08.2022

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 27.07.2022

Accepted for publication: 29.08.2022

*Информация об авторах:*

**Вахид Насириан**, кафедра возобновляемых источников энергии, факультет машиностроения и энергетики университета Шахида Бехешти (Иран, Тегеран, Эвин, пл. Шахида Шахриари), e-mail: vahidpowerelec@gmail.com

*Information about the authors:*

**Vahid Nasirian**, department of renewable energy, faculty of mechanical and energy engineering, Shahid Beheshti university (Iran, Tehran, Evin, Shahida Shahriari square), e-mail: vahidpowerelec@gmail.com

УДК 004.055

## ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРФЕЙСА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ЭКСТРЕННЫМИ СЛУЖБАМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

✉ Алексей Владимирович Вострых;

Александр Владимирович Матвеев;

Анна Александровна Медведева;

Иван Игоревич Попивчак.

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

✉ [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)

*Аннотация.* На основе моделей поведения людей в экстремальных ситуациях в статье предлагается внедрение в специализированные мобильные приложения четырехрежимного графического пользовательского интерфейса, который позволит упростить процесс взаимодействия пользователей, оказавшихся в условиях чрезвычайной ситуации с экстренными службами. Возможности разных режимов могут повысить детализацию сообщений о происшествиях, а также позволят прогнозировать количественный состав сил и средств, необходимый для успешной ликвидации происшествия. В основу разработанных режимов и их функциональных возможностей легли исследования, проведенные в области психологии и бихевиоризма.

*Ключевые слова:* мобильное приложение, чрезвычайная ситуация, графический пользовательский интерфейс, режим, модель поведения, риск

**Для цитирования:** Вострых А.В., Матвеев А.В., Медведева А.А., Попивчак И.И. Требования к разработке интерфейса мобильного приложения для взаимодействия с экстренными службами в условиях чрезвычайной ситуации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 3 (43). С. 58–67.

## REQUIREMENTS FOR THE DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION INTERFACE FOR INTERACTION WITH EMERGENCY SERVICES IN THE CONDITIONS OF EMERGENCY SITUATION

✉ Alexey V. Vostrykh;

Alexander V. Matveev;

Anna A. Medvedeva;

Ivan I. Popivchak.

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

✉ [a.vostrykh@list.ru](mailto:a.vostrykh@list.ru)

*Abstract.* Based on the models of people's behavior in extreme situations, the article proposes the introduction of a four-mode graphical user interface into specialized mobile applications, which will simplify the process of interaction between users who find themselves in an emergency situation with emergency services. Also the capabilities of different modes can increase the detail of incident reports, as well as make it possible to predict the quantitative composition of forces and means necessary for the successful elimination of an incident. The developed modes and their functionality are based on research conducted in the field of psychology and behaviorism.

*Keywords:* mobile application, emergency, graphical user interface, mode, behavior model, risk

**For citation:** Vostrykh A.V., Matveev A.V., Medvedeva A.A., Popivchak I.I. Requirements for the development of a mobile application interface for interaction with emergency services in the conditions of emergency situation // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 3 (43). P. 58–67.

## Введение

В современном мире риск оказаться в экстремальной ситуации постоянно возрастает. Для минимизации последствий и сохранения жизни и здоровья населения учёные и исследователи постоянно находятся в поисках новых решений. Так, в связи со стремительным развитием цифровых технологий в массовое использование всё чаще внедряются специализированные мобильные приложения, предназначенные для использования лицами гражданского населения, а также сотрудниками экстренных служб на этапе реагирования на чрезвычайные ситуации (ЧС) и другие происшествия [1, 2].

С помощью специализированных приложений упрощается и ускоряется процесс вызова экстренных служб гражданами, оказавшимися в экстремальных для жизни и здоровья ситуациях, а также повышается информативность сообщений о происшествиях за счёт активного участия очевидцев и мультимедийных возможностей смартфонов [3–5].

Несмотря на все достоинства используемого в настоящее время программного обеспечения, существует объективная необходимость повышения его эффективности. Проблеме оценки качества мобильных приложений для взаимодействия с экстренными службами были посвящены многочисленные исследования, результаты которых показали, что наиболее уязвимой частью данных приложений является графический пользовательский интерфейс (ГПИ) [1, 2, 6–8]. Среди основных недостатков выделяют: раздражающую цветовую схему, нечитаемый шрифт, иррациональное расположение информационно-функциональных элементов, многозначные иконки, непонятная логика взаимодействия с приложением и др. [1, 2].

## Методы исследования

В настоящей статье основное внимание акцентируется на повышении эффективности ГПИ приложений в аспекте логики взаимодействия пользователей с интерфейсами. Новые ГПИ приложений предлагается проектировать на основе исследований, проведенных в области бихевиоризма. Данные, полученные в результате наблюдений за поведением людей, оказавшихся в экстремальных ситуациях, свидетельствуют о необходимости внедрения в ГПИ многорежимной концепции [3, 4].

При поверхностном анализе проблематики может сложиться ложное впечатление о поведении людей в условиях происшествий и ЧС. Авторы многих исследований рассматривают при ЧС человека в условиях паники, принимающего по большей части иррациональные решения. Движение к путям эвакуации характеризуют как беспорядочное и непредсказуемое. Это приводит к недостоверным выводам о потребностях, требованиях и возможностях потенциальных пользователей специализированных приложений.

На самом деле проведенные исследования показали, что поведение человека в условиях ЧС может быть смоделировано достаточно точно. Рассмотрим пример типового происшествия, которое демонстрирует потребности потенциальных пользователей в определённых функциях и возможностях специализированных мобильных приложений, а также недостатки существующих способов вызова экстренных служб.

Допустим, произошел пожар на мероприятии с массовым пребыванием людей. Первые очевидцы начинают звонить в противопожарную службу, стараясь описать происшествие и свое местоположение. Так как место происшествия очевидцам может быть не знакомо, им будет достаточно сложно точно описать место очага пожара и его масштаб. Также они попытаются изложить детали окружающей обстановки, степень и характер развития происшествия. Оператор системы-112 или диспетчер противопожарной службы при получении вызова будет стремиться получить как можно больше информации о происшествии, помогая потерпевшим ответить на вопросы, чтобы направить соответствующие службы в необходимом количестве к месту вызова. На момент поступления первых сообщений о пожаре информация о его характере и месте возникновения может оказаться не точной. С течением времени число вызовов в экстренную службу резко возрастет, если масштаб пожара будет увеличиваться, и всё большее

количество людей будут становиться очевидцами. Таким образом, существенная часть пострадавших с течением времени не сможет дозвониться и получить необходимую информацию, что приведет к повышению их стресса. В то же время пока первые спасательные подразделения доберутся до места происшествия и проведут разведку, задействованного количества сил и средств уже может быть недостаточно для локализации и ликвидации пожара, что потребует привлечения дополнительных сил и средств по радиосвязи. Данные факторы потенциально могут привести к увеличению масштабов бедствия. Также сопутствующими проблемами экстренных служб в таких ситуациях могут быть:

- перегрузка линий связи, что не позволит беспрепятственно делать вызовы в экстренную службу и получать полную, более подробную информацию очевидцам и пострадавшим;

- задержка в определении точного местоположения происшествия, что способствует развитию пожара и осложняет последующую его ликвидацию;

- отсутствие полной информации о пострадавших, их количестве и местоположении.

Существующие специализированные мобильные приложения отчасти решают выявленные проблемы, но имеют ряд серьезных недостатков, которые могут стать усугубляющим фактором в процессе самоспасения их пользователей. Одним из них является низкая эффективность ГПИ приложений в аспекте удобства использования. Последние разработки приложений наметили тенденцию в положительном направлении нейтрализации этого недостатка. Так, в работе [7] авторы предлагают использовать в приложениях три режима взаимодействия:

- «в одно касание»;

- «интерактивное»;

- «чат».

В настоящей статье предлагается расширить эту концепцию внедрением четвертого режима, осуществляющего взаимодействие с приложением посредством звуковых сигналов, а именно речи. Предпосылками к предложенному усовершенствованию стали исследования, проведенные в области анализа поведения людей в экстремальных ситуациях, которые позволили более детально понять возможности человеко-компьютерного взаимодействия в условиях происшествий и стрессовых ситуаций.

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

В своих научных исследованиях Э.Л. Карантелли [3] и Дж. Друри [4] пришли к выводу, что люди в условиях ЧС могут вести себя альтруистично, спокойно и зачастую способны защитить себя и своих близких. Однако в значительной степени процесс принятия решений зависит от их окружения. Находясь в толпе, люди чаще перекладывают ответственность в принятии решений на окружающих, в ожидании того, как те будут действовать.

В своей диссертации «Компьютерное моделирование индивидуального и социального поведения при эвакуации» [8] К. Пан предложил модели поведения людей при возникновении пожара на объектах с массовым и круглосуточным пребыванием (например ночной клуб, торговый центр, больница и т.д.). Были выделены следующие варианты действия людей в процессе эвакуации: организованное перемещение к выходу; «соперничество» в борьбе за физическое пространство в толпе; следование за лидером; альтруистическое поведение; стадное поведение.

Варианты действий напрямую связаны с процессом принятия решений в экстремальных ситуациях. К основным факторам, влияющим на этот процесс, можно отнести:

- физические характеристики человека (возраст, пол, размер тела, вес и т.д.);

- характеристики окружающей среды (геометрические характеристики помещений, функционирование системы оповещения и управления эвакуацией);

- психологические и социальные характеристики (психофизиологические особенности людей, наличие социальных связей между людьми) [9].

Большинство существующих подходов к моделированию спасения и эвакуации людей из зоны ЧС игнорируют когнитивные возможности человека, реализуются фактически без учета анализа поведения людей, а также зависимости влияния изменения состояния окружающей среды и социального поведения на результат принятия решений. В статье [10] П. Гант и Р. Гант устраняют этот недостаток путем внедрения показателей когнитивных возможностей людей в алгоритмы поведения при ЧС. Также авторы утверждают, что социальные связи между людьми, оказавшимися вместе в ситуации ЧС, укрепляются и могут даже создаваться заново.

В своей статье Р. Перри и М. Грин [11] описывают процесс принятия решения людьми, оказавшимися в условиях ЧС, характеризуя его как «нестандартное», проявляющееся в ответ на изменения окружающей среды. Люди, сталкиваясь с угрозой жизни, меняют свое поведение и адаптируются под изменяющиеся внешние условия, чтобы защитить себя и минимизировать возможные негативные последствия. Процесс адаптации поведения состоит из трех фаз: идентификация риска; оценка риска; снижение риска.

В своей работе [12] Дж. Лич делает вывод, что в случае изменений окружающей обстановки люди, оказавшиеся в ЧС, подсознательно воспринимают данную ситуацию как угрозу и принимают определенные защитные меры. Процесс принятия решений осуществляется в рабочей памяти человека [13] за счет преобразования восприятия угрозы в соответствующие действия при обработке информации. В стандартных условиях для этого требуется минимум восемь-десять шагов, но это число может увеличиваться в зависимости от сложности сложившейся обстановки или количества и значимости воздействующих внешних факторов. Обработка информации о ЧС часто приводит к «затормаживанию», возникающему у людей сразу после осознания угрозы. В общем виде всех людей по типу поведения в условиях ЧС можно разделить на три группы:

- первая группа (10–15 %) будет сохранять спокойствие, быстро думать и адекватно реагировать на сложившуюся обстановку;
- вторая группа (около 75 %) будет находиться в состоянии шока и принимать иррациональные решения;
- третья группа (10–15 %) будет находиться в замешательстве и панике [14].

Профессор калифорнийского университета М.Е. Кемени в своей работе [15] предложил интегрированную модель стресса, которая описывает комплексную психофизиологическую реакцию, состоящую из эмоций, мотиваций и физиологических рефлексов, направленную на защитные действия человека в ответ на угрозу. Модель объясняет как регулируется уровень стресса за счет собственной мотивации и различных физиологических реакций при столкновении с угрозой. Это позволяет экономить человеку необходимые ресурсы (временные, физиологические, когнитивные и т.д.) для адекватного реагирования на проявляющиеся угрозы.

Психолог М.А. Стаал в своей статье [16] исследовал влияние стресса на когнитивные способности и работоспособность человека в условиях происшествий. В результате было обнаружено, что проявляющиеся угрозы снижают возможности когнитивных функций человека, способствуя уменьшению производительности его оперативной памяти, особенно в условиях осознания невозможности предотвращения угрозы. Также ресурсы, доступные для рабочей памяти, могут сокращаться организмом в связи с физиологическими изменениями при состоянии мобилизации для предотвращения угрозы (феномен «бей или беги») [17, 18].

На основе анализа проведенных исследований предложена модель реакции людей на ЧС, которая представляет собой упрощенную систему взаимосвязанных реакций (компонентов), происходящих в организме человека (рис. 1):

- аффективный компонент (описывает эмоции и чувства, которые люди испытывают во время ЧС);
- поведенческий компонент (представляет варианты поведения человека при возникновении происшествий);
- когнитивный компонент (демонстрирует процесс принятия решений людьми во время ЧС).

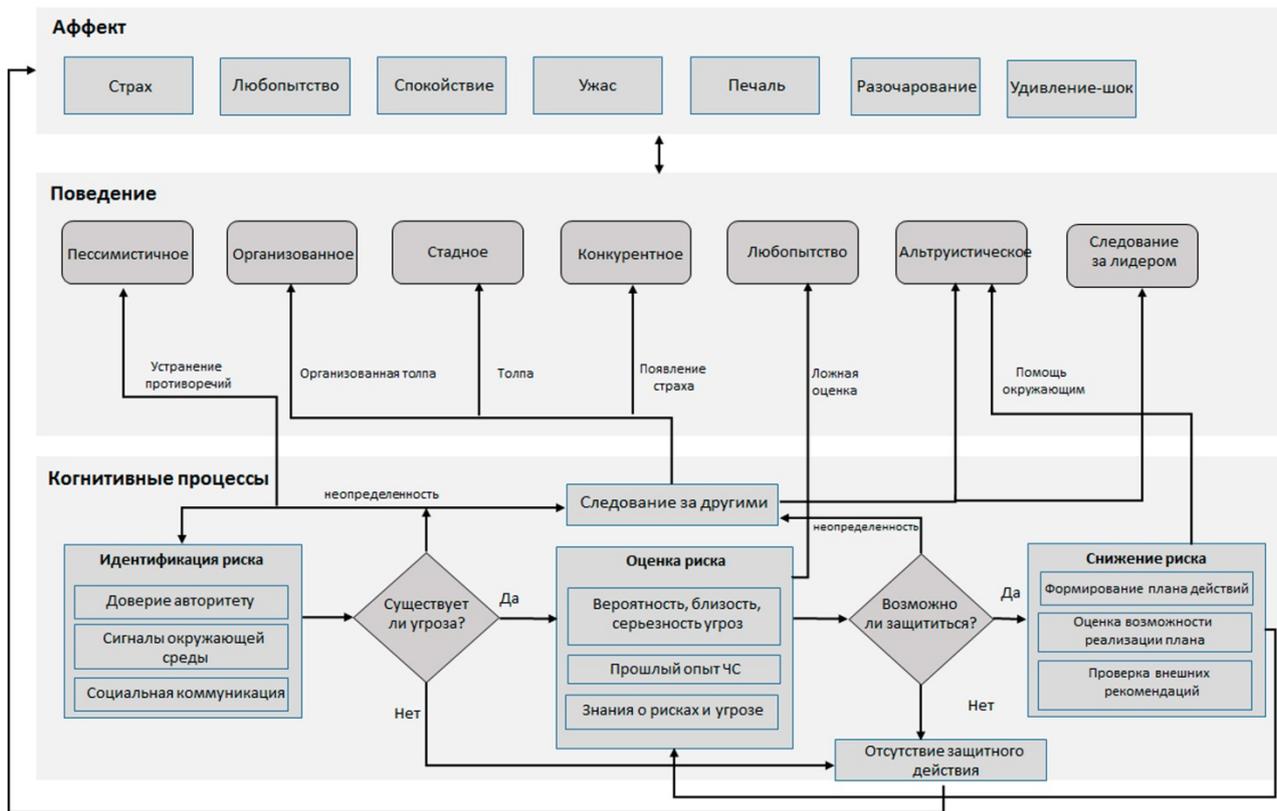


Рис. 1. Модель реакции людей на ЧС

На практике эти компоненты трудноразличимы по причине внутреннего единства личности и уникальности каждого отдельного индивида [19]. Однако декомпозиция этого единства на три взаимосвязанных компонента позволяет анализировать возможные реакции человека в ЧС с разных точек зрения и выходить за рамки классического подхода, в котором поведение характеризуется единственным критерием.

Когнитивный компонент представляет собой процесс принятия решений людьми в экстремальной ситуации, реализуемый в рабочей памяти человека. При получении внешнего сигнала об угрозе люди оценивают реальность и уровень этого риска. Факторами, влияющими на принятое решение, являются: достоверность источника информации (авторитет источника сигнала), сигналы окружающей среды и реакция социальной группы. В сценариях событий, происходящих с массовым участием людей, информация, поступающая от официальных лиц (например от сотрудников полиции или службы безопасности), интерпретируется как более достоверная, чем возможная информация от окружающих. Сигналы, поступающие из окружающей среды, являются стимулом для сбора дополнительной информации и выбора подходящей реакции из множества возможных. Например, при получении сигнала пожарной тревоги люди склонны искать признаки пожара (запах гари, появление дыма и т.д.) или другие сигналы опасности.

Третий фактор – социальная коммуникация. Люди зачастую ищут подтверждение фактов наличия угрозы, наблюдая за поведением других людей, находящихся поблизости. Если окружающие каким-либо образом идентифицировали угрозу и отреагировали соответствующим образом, это, безусловно, повысит уверенность индивидуума в серьезности и опасности сложившейся ситуации. Например, в случае срабатывания пожарной сигнализации на рабочем месте сотрудники будут наблюдать за реакцией своих коллег – начали ли они процесс эвакуации в безопасную зону или это ложная тревога. Если имеются противоречия между факторами принятия решения, люди становятся неуверенными и могут оставаться в данном состоянии до тех пор, пока противоречия не будут устранены [20]. В этом состоянии неопределенности люди склонны следовать за другими до тех пор, пока сами не смогут определить, существует ли угроза на самом деле.

Если человек осознает, что угроза реальна, то он начинает оценивать свой индивидуальный риск на основе анализа информационного содержания предупреждения о случившемся происшествии, прошлого опыта и собственных знаний об угрозе. Поэтому информирование людей о происшествии должно содержать информацию о вероятности осложнения обстановки, расположении эпицентра происшествия и о прогнозировании его развития.

Также на индивидуальную оценку риска влияет прошлый опыт столкновения индивидуума с подобного рода происшествиями, причем влияет как положительный, так и отрицательный опыт. Например, люди, которые часто сталкивались с ложными тревогами, очевидно, менее серьезно будут относиться к поступающим сигналам. В то же время, если человек хорошо подготовлен к тому, чтобы оперативно покинуть здание в случае пожарной тревоги, знает о наличии ресурсов, используемых при реагировании на пожар, владеет навыками их применения, то он оценит ситуацию как менее серьезную по сравнению с людьми, которые данной информацией и навыками не владеют.

Основываясь на индивидуальной оценке уровня риска для себя, люди определяют свои возможности эффективного реагирования на угрозу тем или иным образом, обдумывая возможные сценарии действий, чтобы снизить свой личный риск или свести к минимуму воздействие опасности, принимают решение о плане своих действий. Как только план действий выбран, возможность его выполнения рассматривается с учетом таких факторов, как доступное время, физические силы и т.д., после чего уже непосредственно формируется ответная реакция (тип поведения) человека.

Компонент поведения в представленной на рис. 1 модели реакции людей на ЧС описывает их возможные действия во время происшествий. В табл. 1 представлены типичные варианты поведения в ЧС.

Таблица 1. Варианты поведения людей при ЧС

Типы поведения	Описание
Пессимистичное	Люди испытывают страх, чувство опасности и замешательства, ведут себя безрассудно, апатично, фактически не ищут выхода из сложившегося положения, тем самым увеличивают свой риск, замедляя процесс эвакуации
Организованное	Люди самоорганизуются в упорядоченный поток, двигаясь в направлении безопасной зоны, повышая тем самым эффективность эвакуации
Стадное	Люди торопятся, принимают необдуманные решения, эвакуируются из помещения, отклоняясь от плана эвакуации, через один выход, в то время как другие выходы могут использоваться не полностью. Это типичное поведение людей, которые не уверены в своих действиях и решают следовать за толпой
Конкурентное	Люди с данным типом поведения формируют паническую толпу, «соперничают» в борьбе за физическое пространство в толпе, нарушают личное пространство других
Любопытство	Люди с низким уровнем чувства самосохранения по мере приближения угрозы не предпринимают каких-либо защитных действий, фотографируют и обсуждают ситуацию с другими
Альтруистическое	Люди помогают окружающим в процессе эвакуации, следуют социальным нормам, способны в критический момент возглавить растерявшихся людей и направить их действия на спасение
Следование за лидером	Люди формируют толпу при эвакуации, следующую и подчиняющуюся лидеру

Аффективный компонент в модели реакции людей на ЧС относится к человеческим чувствам и их проявлению, то есть к эмоциям, возникающим во время происшествия в ответ на физиологические и когнитивные факторы. В работе [21] описывается восемь основных видов человеческих эмоций, состоящих из четырех противоположных пар разной степени интенсивности. Негативные эмоциональные состояния тесно связаны со стрессом в условиях ЧС. Такие чувства, как страх, тревога, раздражительность, смущение, депрессия,

беспомощность, эйфория, разочарование и враждебность наиболее распространены в экстренных ситуациях. Некоторые из этих чувств связаны с определенным поведением, но прямую корреляцию между конкретными чувствами и поведением выявить достаточно сложно, как и осуществить процесс формализации.

Эмоции являются одними из самых заметных аспектов человеческих реакций. Человеческая реакция в ЧС часто описывается с точки зрения аффекта, так как эмоции, переживаемые и наблюдаемые в толпе, являются важным стимулом для людей при определении того, как относиться к ситуации. Даже когда у человека развилась определенная реакция на происшествие, она может быть изменена, так как когнитивное принятие решений – процесс непрерывный и способный быстро адаптироваться под внешние условия.

Стресс является одним из ключевых факторов, влияющих на реакцию человека в ЧС. Чем выше степень угрозы, тем выше будет уровень стресса. Также сразу после восприятия угрозы уровень стресса будет повышаться в зависимости от состояния человека.

Анализ представленных выше результатов исследований поведения людей, оказавшихся в экстремальных ситуациях, проведенный учеными в области психологии, свидетельствует о необходимости реализации в ГПИ мобильных приложений для взаимодействия с экстренными службами многорежимной концепции. Данный подход направлен на возможность учитывать различные варианты поведения людей, оказывающихся в экстремальных ситуациях, и многогранность их психофизиологических реакций.

Предлагается в приложениях разрабатывать ГПИ, имеющий четыре режима («речевой»; «в одно касание»; «интерактивный» и «чат»), активирующиеся последовательно, в зависимости от развития ситуации, потребностей и возможностей пользователей.

Первый («речевой» режим) активирует автоматический вызов экстренных служб посредством двукратного повторения (для исключения ложного срабатывания) ключевого слова, например «пожар». В свою очередь, в экстренной службе при поступлении звонка уже имеется информация о виде происшествия, также передаются данные о месте расположения сделавшего вызов человека. В случае поступления нескольких звонков за определённый промежуток времени с одинаковым ключевым словом и близлежащим местом расположения соответствующее подразделение автоматически получает сигнал на выезд. Речевой режим упрощает взаимодействие пользователей в аспекте когнитивной и моторной нагрузки, что соответствует приведенным выше исследованиям [15, 16]. Также, благодаря упрощенной схеме вызова спасательных служб, использование приложения позволит снизить вероятность возникновения шокового состояния, согласно исследованию [12].

Второй режим («в одно касание») менее экономичен по отношению к когнитивным и моторным ресурсам человека, но он более точен и направлен на активацию вызова экстренных служб нажатием на определённую область дисплея, которая в ГПИ ответственна за определённое происшествие. Оба режима основаны на преимущественном автоматическом сборе информации, через датчики смартфонов может анализироваться местоположение владельца, окружающая температура, влажность, физиологическое состояние человека (если подключены смарт-часы); могут отправляться сообщения на подтверждение владельцам приложения, находящимся вблизи, для уточнения информации и т.д.

Третий режим («интерактивный») является некоторым расширением второго, с дополнительными функциями, которые позволяют пользователям, испытывающим стресс, ответить на наводящие вопросы с целью уточнения информации о происшествии. Также в данном режиме должна быть доступна справочная информация, которая позволит пользователям, в соответствии с исследованиями [3, 4], более успешно принимать решения за счёт советов по поведению в той или иной ситуации, делая их более самостоятельными. Также, основываясь на исследовании [11], справочная информация позволит ускорить процесс адаптации в фазах идентификации и оценки риска, что может успокоить людей и позволить принимать более рациональные решения.

Четвёртый режим («чат») служит для пользователей, находящихся в относительно безопасной зоне и не испытывающих сильный стресс. В данном режиме пользователи могут выступать в роли очевидцев и предоставлять дополнительную информацию спасательным службам в виде текста, фото и видео материалов.

## Выводы

Таким образом, предлагаемый четырехрежимный интерфейс специализированного мобильного приложения позволит упростить процесс взаимодействия граждан, оказавшихся в ЧС, со спасательными службами. Реализация данного подхода может привести к следующим практическим результатам:

- ускорится процесс вызова экстренных служб;
- ускорится процесс сбора информации о происшествии;
- повысится положительное психологическое воздействие на пользователей, что снизит вероятность возникновения паники;
- повысится эффективность эвакуации людей, попавших в зону опасности.

**Исследование проведено при поддержке Проекта KS11043 CB-SAFE ППС 2014–2020 Россия – Юго-Восточная Финляндия «Трансграничная безопасность: предотвращение чрезвычайных ситуаций и управление рисками»**

### Список источников

1. Вострых А.В. Анализ интерфейсов специализированных мобильных приложений для вызова экстренных служб // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2021. № 2 (9). С. 78–82. EDN: KWAGEU.
2. 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: Воронежский гос. техн. ун-т, 2021. С. 205–210. EDN: LDVKUO.
3. Quarantelli E.L. Sociology of panic // International Encyclopedia of the Social and Behavioural Sciences / N.J. Smelser, P.B. Baltes [et al.]. NY.: Elsevier: Q5 Pergamon Press, 2001. P. 11020–11023.
4. Drury J., Cocking C., Reicher S. Everyone for themselves? A comparative study of crowd solidarity among emergency survivors // British Journal of Social Psychology. 2009. Vol. 48. № 3. P. 487–506.
5. Independent evaluation of the Ushahidi Haiti project // Development Information Systems International / Morrow N. [et al.]. 2011. Vol. 8. P. 2011.
6. Kass-Hout T.A., di Tada N. International system for total early disease detection (InSTEDD) platform // Advances in Disease Surveillance. 2008. Vol. 5. № 2. P. 108.
7. Duc K.N., Vu T.T., Ban Y. Ushahidi and Sahana Eden open-source platforms to assist disaster relief: geospatial components and capabilities // Geoinformation for Informed Decisions. Berlin: Springer International Publishing, 2014. P. 163–174.
8. Pan X. Computational modeling of human and social behaviors for emergency egress analysis: Ph.D. thesis, Stanford: Stanford University, 2006. P. 37–49.
9. Коткова Е.А. Анализ подходов к исследованию поведения людей при эвакуации в экстремальных ситуациях // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021. Т. 16. № 4. С. 1476–1479. EDN: SKRFSM.
10. Gantt P., Gantt R. Disaster psychology dispelling the myths of panic // Professional Safety. 2012. Vol. 57. № 8. P. 42–49.
11. Perry R., Greene M. The role of ethnicity in the emergency decision-making process // Sociological Inquiry. 1982. Vol. 52. № 4. P. 306–334.
12. Leach J. Why people ‘freeze’ in an emergency: temporal and cognitive constraints on survival responses // Aviation, Space and Environmental Medicine. 2004. Vol. 75. № 6. P. 539–542.
13. Величковский Б.Б., Козловский С.А. Рабочая память человека: фундаментальные исследования и практические приложения // Интеграл. 2012. № 6. С. 14–17. EDN: PXXQKZ.
14. Маклаков А.Г. Человек в экстремальных условиях деятельности // Вестник Ленинградского гос. ун-та им. А.С. Пушкина. 2020. № 4. С. 165–180. DOI: 10.35231/18186653\_2020\_4\_165. EDN: WULSCC.

15. Kemeny M.E. The psychobiology of stress // *Current Directions in Psychological Science*. 2003. Vol. 12. № 4. P. 124–129.
16. Staal M.A. *Stress, Cognition and Human Performance: A Literature Review and Conceptual Framework*. Washington, DC: NASA Technical Memorandum 2004–212824, 2004.
17. Donahue J.J. Fight-Flight-Freeze System // *Encyclopedia of Personality and Individual Differences* / Zeigler-Hill V., Shackelford T.K. [et al.]. Springer, Cham, 2020. DOI: 10.1007/978-3-319-24612-3\_751.
18. Bracha H.S. Freeze, flight, fight, fright, faint: Adaptationist perspectives on the acute stress response spectrum // *CNS spectrums*. 2004. Vol. 9. № 9. P. 679–685.
19. Баева И.А. Психология безопасности: теоретическая основа помощи в экстремальной ситуации // *Развитие личности*. 2016. № 3. С. 57–74. EDN: XHDRSV.
20. Добрякова Е.И. Психологические аспекты поведения людей в условиях пожара // *Научный вестник НИИГД Респиратор*. 2016. № 4 (53). С. 102–111. EDN: WXHJTT.
21. Plutchik R. *Emotion: theory, research, and experience* // *Theories of Emotion 1*. Vol. 1. NY: Academic Press, 1980.

### References

1. Vostryh A.V. Analiz interfejsov specializirovannyh mobil'nyh prilozhenij dlya vyzova ekstremnyh sluzhb // *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya*. 2021. № 2 (9). S. 78–82. EDN: KWAGEU.
2. Vostryh A.V. Analiz innovacionnyh tekhnologij, obespechivayushchih bezopasnost' grazhdan v tekhnosfernnyh sistemah // *Kompleksnyye problemy tekhnosfernoj bezopasnosti. Nauchnyj i prakticheskij podhody k razvitiyu i realizacii tekhnologij bezopasnosti: sb. statej po materialam XVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Voronezh: Voronezhskij gos. tekhn. un-t, 2021. S. 205–210. EDN: LDVKUO.*
3. Quarantelli E.L. *Sociology of panic* // *International Encyclopedia of the Social and Behavioural Sciences* / N.J. Smelser, P.B. Baltes [et al.]. NY.: Elsevier: Q5 Pergamon Press, 2001. P. 11020–11023.
4. Drury J., Cocking C., Reicher S. Everyone for themselves? A comparative study of crowd solidarity among emergency survivors // *British Journal of Social Psychology*. 2009. Vol. 48. № 3. P. 487–506.
5. Independent evaluation of the Ushahidi Haiti project // *Development Information Systems International / Morrow N. [et al.]*. 2011. Vol. 8. P. 2011.
6. Kass-Hout T.A., di Tada N. International system for total early disease detection (InSTEDD) platform // *Advances in Disease Surveillance*. 2008. Vol. 5. № 2. P. 108.
7. Duc K.N., Vu T.T., Ban Y. Ushahidi and Sahana Eden open-source platforms to assist disaster relief: geospatial components and capabilities // *Geoinformation for Informed Decisions*. Berlin: Springer International Publishing, 2014. P. 163–174.
8. Pan X. *Computational modeling of human and social behaviors for emergency egress analysis: Ph.D. thesis*, Stanford: Stanford University, 2006. P. 37–49.
9. Kotkova E.A. Analiz podhodov k issledovaniyu povedeniya lyudej pri evakuacii v ekstremal'nyh situacijah // *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potenciala: problemy i puti ih resheniya*. 2021. T. 16. № 4. S. 1476–1479. EDN: SKRFSM.
10. Gantt P., Gantt R. Disaster psychology dispelling the myths of panic // *Professional Safety*. 2012. Vol. 57. № 8. P. 42–49.
11. Perry R., Greene M. The role of ethnicity in the emergency decision-making process // *Sociological Inquiry*. 1982. Vol. 52. № 4. P. 306–334.
12. Leach J. Why people 'freeze' in an emergency: temporal and cognitive constraints on survival responses // *Aviation, Space and Environmental Medicine*. 2004. Vol. 75. № 6. P. 539–542.
13. Velichkovskij B.B., Kozlovskij S.A. Rabochaya pamyat' cheloveka: fundamental'nye issledovaniya i prakticheskie prilozheniya // *Integral*. 2012. № 6. S. 14–17. EDN: PXXQKZ.
14. Maklakov A.G. *Chelovek v ekstremal'nyh usloviyah deyatel'nosti* // *Vestnik Leningradskogo gos. un-ta im. A.S. Pushkina*. 2020. № 4. S. 165–180. DOI: 10.35231/18186653\_2020\_4\_165. EDN: WULSCC.

15. Kemeny M.E. The psychobiology of stress // Current Directions in Psychological Science. 2003. Vol. 12. № 4. P. 124–129.
16. Staal M.A. Stress, Cognition and Human Performance: A Literature Review and Conceptual Framework. Washington, DC: NASA Technical Memorandum 2004–212824, 2004.
17. Donahue J.J. Fight-Flight-Freeze System // Encyclopedia of Personality and Individual Differences / Zeigler-Hill V., Shackelford T.K. [et al.]. Springer, Cham, 2020. DOI: 10.1007/978-3-319-24612-3\_751.
18. Bracha H.S. Freeze, flight, fight, fright, faint: Adaptationist perspectives on the acute stress response spectrum // CNS spectrums. 2004. Vol. 9. № 9. P. 679–685.
19. Baeva I.A. Psihologiya bezopasnosti: teoreticheskaya osnova pomoshchi v ekstremal'noj situacii // Razvitie lichnosti. 2016. № 3. S. 57–74. EDN: XHDRSV.
20. Dobryakova E.I. Psihologicheskie aspekty povedeniya lyudej v usloviyah pozhara // Nauchnyj vestnik NIIGD Respirator. 2016. № 4 (53). S. 102–111. EDN: WXHJJT.
21. Plutchik R. Emotion: theory, research, and experience // Theories of Emotion 1. Vol. 1. NY: Academic Press, 1980.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 21.04.2022

Принята к публикации: 12.09.2022

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 21.04.2022

Accepted for publication: 12.09.2022

*Сведения об авторах:*

**Алексей Владимирович Вострых**, адъюнкт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>

**Александр Владимирович Матвеев**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: fcvega\_10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0778-3218>

**Анна Александровна Медведева**, профессор кафедры трудового права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор юридических наук, доцент, e-mail: interdep@igps.ru

**Иван Игоревич Попивчак**, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149), e-mail: white\_blade@bk.ru

*Information about the authors:*

**Alexey V. Vostrykh**, adjunct of Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: a.vostrykh@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8261-0712>

**Alexander V. Matveev**, head of the department of applied mathematics and information technologies of Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: fcvega\_10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0778-3218>

**Anna A. Medvedeva**, professor of the department of labor law of Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of law, associate professor, e-mail: interdep@igps.ru

**Ivan I. Popivchak**, senior lecturer of the department of applied mathematics and information technologies of Saint-Petersburg university of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: white\_blade@bk.ru

---

---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

В последующем учебное заведение преобразовывалось и меняло свое название.

25 апреля 2022 г. в соответствии с Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина Санкт-Петербургскому университету ГПС МЧС России присвоено почётное наименование «имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева».

Учебным заведением за вековую историю подготовлено несколько десятков тысяч специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевского креста, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня 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» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Учебный процесс осуществляется по 891 дисциплине на 27 кафедрах. Университет осуществляет подготовку по разным формам обучения: очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий по программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации, переподготовку и повышение квалификации специалистов МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Подготовка реализуется по 21 образовательной программе высшего образования, что является наибольшим количеством реализуемых программ среди образовательных организаций высшего образования МЧС России, и 83 программам дополнительного профессионального образования и профессионального обучения.

По программам специалитета в университете можно пройти обучение по таким направлениям подготовки, как: «Пожарная безопасность», «Горное дело», «Психология служебной деятельности», «Экономическая безопасность», «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Судебная экспертиза». По программам бакалавриата – «Техносферная безопасность», «Системный анализ и управление», «Психология», «Управление персоналом», «Государственное и муниципальное управление», «Юриспруденция». По программам магистратуры – «Техносферная безопасность», «Системный анализ и управление», «Государственное и муниципальное управление», «Юриспруденция».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса.

Укомплектованность научно-педагогическим составом, имеющим учёные степени и звания, составляет более 70 %, что позволяет университету занимать лидирующие позиции среди учебных заведений Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 55 докторов наук, 268 кандидатов наук, 46 профессоров, 150 доцентов.

В составе университета:

- 28 кафедр;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России. Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Институт активно участвует в разработке новых и совершенствовании существующих инструментальных методов и технических средств исследования и экспертизы пожаров, производстве судебных пожарно-технических экспертиз и исследованиях в области экспертизы пожаров, выполнении поисковых научно-исследовательских работ прикладного характера, выполнении поисковых научно-исследовательских работ по обеспечению безопасности в Арктическом регионе и проведении сертификационных испытаний, апробировании методик по стандартам ISO, EN и резолюциям ИМО.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Ниш (Сербия).

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус. Он осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет более 7 000 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. Университет, осуществляя образовательную деятельность, обладает широкой локализацией на территории Российской Федерации, государств-участников Содружества Независимых Государств и других стран.

Большой интерес к обучению в университете проявляется со стороны иностранных граждан. В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. Только в период с 2016 по 2021 г. в университете прошли обучение по программам дополнительного профессионального образования 712 иностранных граждан, завершили обучение по программам высшего образования 468 иностранных граждан.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-спасательному спорту (ПСС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ПСС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по 18 видам спорта. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

К 75-летию со Дня Победы в Великой Отечественной войне и 30-летию МЧС России на территории учебного заведения был открыт музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся, сотрудники, гости университета могут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до высшего учебного заведения.

В федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении 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» созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов МЧС России.



---

---

# АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРАВО. БЕЗОПАСНОСТЬ. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ»

---

---

К публикации принимаются оригинальные исследовательские и обзорные аналитические статьи, отвечающие профилю журнала, представляющие результаты завершеного научного исследования, выполненного на актуальную тему, обладающие научной новизной, имеющие практическое значение и теоретическое обоснование, оформленные в соответствии с требованиями.

Статья не должна быть ранее опубликованной и не поданной для рассмотрения в другие журналы. Все статьи проходят проверку в системе «Антиплагиат».

Статьи **обучающихся магистратуры, курсантов и студентов** принимаются **только в соавторстве с научным руководителем**.

**1. Материалы** для публикации представляются в редакцию журнала лично или на электронную почту: pravobchs@igps.ru. Материал должен сопровождаться:

а) статья аспиранта (адъюнкта) или соискателя *отзывом научного руководителя*.

б) *электронной версией* статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

в) *плата* с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов с целью их экспертной оценки. Статьи рецензируются в обязательном порядке членами редакционной коллегии журнала. Основная цель рецензирования – предоставить редакции аргументированную информацию для принятия решения об опубликовании материала.

**2. Статьи**, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь **объем от 8 до 15** страниц. По согласованию с руководством журнала статьи могут быть приняты и большего объема.

**3.** Оригинальность статей должна быть **не менее 70 %**.

**4. Текст статьи должен быть обязательно структурирован по разделам:**

#### **Введение**

В разделе «Введение» проводится анализ состояния исследуемой проблемы по публикациям отечественных и зарубежных источников, на основании которого обосновывается актуальность исследования, формулируются цель и задачи исследования.

#### **Методы исследования**

В разделе описываются применяемые в работе методы исследования, приводятся сведения об объектах исследования, измерительном оборудовании, описываются условия экспериментов и т.д. Возможно указание ссылок на работы с более подробным изложением методов, однако приводимого описания должно быть достаточно для понимания хода исследования.

При использовании стандартных (или известных) методов и процедур лучше сделать ссылки на соответствующие источники, не забывая описать модификации стандартных методов, если таковые имелись. Если же используется собственный новый метод, описание которого нигде ранее не было опубликовано, важно привести все необходимые детали. Если ранее описание метода было опубликовано в известном журнале, можно ограничиться ссылкой.

Допускается и иное название раздела, обусловленное спецификой исследования и подготовленной на его основе статьи, например «Материалы и методы исследования», «Модели и методы исследования», «Теоретические основы и методы расчета».

## **Результаты исследования и их обсуждение**

В разделе в логической последовательности излагаются результаты исследования, которые подтверждаются таблицами, графиками, рисунками. Здесь же проводится анализ и интерпретация полученных результатов, описываются выявленные закономерности, подтверждается достоверность результатов, проводится сопоставление собственных результатов с данными других исследователей.

### **Заключение**

В разделе излагаются основные выводы, подводятся итог проделанной работы, обосновывается научная новизна полученных результатов, приводятся научно обоснованные рекомендации по их использованию, определяются основные направления дальнейших исследований в данной области.

Заключение содержит главные идеи основного текста статьи, но не должно повторять формулировок, приведенных в предыдущих разделах.

Список литературы должен содержать **не менее 10 источников** (из которых **не менее 30 % зарубежных**).

Для **ОБЗОРНЫХ аналитических статей** допускается иная структура статьи:

1. Введение.
2. Аналитическая часть.
3. Заключение.

В разделе «Аналитическая часть» должен быть представлен критический анализ и критическое обобщение актуальной исследовательской проблемы по отечественным и зарубежным научным источникам (**не менее 25 источников**, из которых **не менее 50 % зарубежных**) с оценкой их научной новизны и оригинальности. Результаты критического анализа и обобщения должны быть подтверждены сравнительными таблицами, графиками, рисунками. В статье также должны быть отражены дискуссионные (проблематичные) вопросы.

Допускается разбиение разделов «Методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Аналитическая часть» на несколько логически связанных подразделов.

### **5. Оформление текста:**

- а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;
- б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);
- в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны: УДК (универсальная десятичная классификация), **на русском и английском языках** название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); ФИО авторов полностью (**не более трех**); место работы (название учреждения), электронный адрес авторов (без слова e-mail), аннотация, ключевые слова.

*Требования к аннотации.* Аннотация должна быть краткой, информативной, содержать цель работы, методы исследования, основные положения и результаты исследования (излагаются основные результаты теоретических и/или экспериментальных исследований, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности), выводы с обоснованием научной новизны результатов. Аннотация может включать и другую информацию, уместную с точки зрения авторов, например, рекомендации по применению полученных результатов. Примерный объем аннотации **100–250 слов**.

### **6. Оформление формул в тексте:**

- а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);
- б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);
- в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

## 7. Оформление рисунков и таблиц:

- а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в текст или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;
- б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);
- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

## 8. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать **не менее 10 источников**, для *обзорных* аналитических статей **не менее 25 источников**.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок, для обзорных аналитических статей не менее 50 % .

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

*Правила оформления списка литературы:*

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
  - б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.
- Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

*Примеры оформления списка источников:*

### Список источников

1. Кропачева А.В. О некоторых вопросах процедуры введения режима чрезвычайного положения в Российской Федерации // Вестник Университета им. О.Е. Кутафина (МГЮА). 2016. № 5. С. 196–201.
2. Малько А.В. Стимулы и ограничения в праве: теоретико-информационный аспект. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1994. 59 с.
3. Права человека: учеб. / отв. ред. Е.А. Лукашева. 3-е изд., перераб. М.: Норма: ИНФРА-М, 2015. С. 20.
4. Старостин С.А. Управление органами внутренних дел при чрезвычайных ситуациях (правовые и организационные аспекты): автореф. дис. ... д-ра юрид. наук. М.: Акад. управления МВД России, 2000. 33 с.
5. О внесении изменений в статьи 3.5 и 13.15 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях: Федер. закон от 5 апр. 2021 г. № 58-ФЗ. URL: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru) (дата обращения: 19.11.2021).
6. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3649.
7. Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах: постановление Правительства Рос. Федерации от 7 окт. 2020 г. № 1614. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Об утверждении Правил тушения лесных пожаров: приказ Мин. природных ресурсов и экологии Рос. Федерации от 8 июля 2014 г. № 313 // Рос. газ. 2014. 15 авг. № 184(6456).
9. Семейкин С.А. Чрезвычайное положение: понятие и проблемы его совершенствования // Чрезвычайное законодательство и борьбы с терроризмом: сб. науч. статей. М.: Акад. управления МВД России, 2003. С. 48–49.
10. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 дек. 1993 г.) // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru) (дата обращения: 04.07.2021).

## **9. Оформление раздела «Информация об авторах»**

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона; ученую степень, ученое звание, почетное звание; адрес электронной почты; ORCID для каждого автора (<https://orcid.org/>).

*Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.*

**Внимание авторов:** материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

**Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное анонимное рецензирование.**

## ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 614.8

### МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ПОЖАРА

Сергей Петрович Иванов✉.

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

✉ [spi78@mail.ru](mailto:spi78@mail.ru)

*Аннотация.* 100–250 слов

*Ключевые слова:* 3–10 слов

**Для цитирования:** Иванов С.П. Метод оценки эффективности огнезащиты стальных конструкций на объектах нефтегазового комплекса в условиях открытого пожара // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 2 (42). С. 1–2. (ОФОРМЛЯЕТСЯ РЕДАКЦИЕЙ)

### METHOD FOR ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES ON OBJECTS OF OIL AND GAS COMPLEX IN CONDITIONS OF OPEN FIRE

Sergey P. Ivanov✉. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia,  
Saint-Petersburg, Russia

✉ [spi78@mail.ru](mailto:spi78@mail.ru)

*Abstract.*

*Keywords:*

**For citation:** Ivanov S.P. Method for estimation of the efficiency of fire protection of steel structures on objects of oil and gas complex in conditions of open fire // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 2 (42). P. 1–2.

#### **Введение**

Текст, текст, текст

#### **Методы исследования**

Текст, текст, текст

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

Текст, текст, текст

#### **Заключение**

Текст, текст, текст

**Список источников** (не менее 10 источников)

**References**

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 10.01.2022

Принята к публикации: 11.02.2022

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 10.01.2022

Accepted for publication: 11.02.2022

*Информация об авторах:*

**Сергей Петрович Иванов** – заместитель начальника научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: [spi78@mail.ru](mailto:spi78@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

*Information about the authors:*

**Sergey P. Ivanov** – deputy head of the Research institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky Ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: [spi78@mail.ru](mailto:spi78@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>



**МЧС РОССИИ  
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

**Природные и техногенные риски  
(физико-математические и прикладные аспекты)**

**№ 3 (43)–2022**

Выпускающий редактор  
А.В. Домничева

---

Подписано в печать 28.09.2022. Формат 60×84<sub>1/8</sub>  
Усл.-печ. 9,75 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 82

---

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149