

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)**NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS**
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)**№ 4 (44)–2022**

Редакционный совет

- Ивахнюк Г.К.**
Председатель
д.х.н., проф., лауреат премии Правительства Рос. Федерации в области науки и техники, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, Россия
- Зыбина О.А.**
Заместитель председателя
д.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
- Матвеев А.В.**
Заместитель председателя
к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
- Минкин Д.Ю.**
д.т.н., проф., Санкт-Петербургский ГУП «Горэлектротранс», Санкт-Петербург, Россия
- Шарапов С.В.**
д.т.н., проф., Санкт-Петербургский Пожарно-спасательный колледж, Санкт-Петербург, Россия
- Грешных А.А.**
д.п.н., к.ю.н., проф., засл. работник высш.шк. Рос. Федерации, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
- Максимов А.В.**
к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
- Барбин Н.М.**
д.т.н., проф., почетный работник науки и техники, Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия; Научно-исследовательский институт физико-химических проблем и техносферной безопасности Уральского государственного аграрного университета, Екатеринбург, Россия
- Потапов А.И.**
д.т.н., проф., засл. деятель науки Рос. Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники Северо-Западный государственный заочный технический университет, Санкт-Петербург, Россия
- Сильников М.В.**
д.т.н., к.физ.-мат.н., проф., засл. деятель науки Рос. Федерации, Научно-производственное объединение специальных материалов, Санкт-Петербург, Россия
- Клюй В.В.**
к.п.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
- Домничева А.В.**
Секретарь
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

Редакционная коллегия

Онов В.А. <i>Председатель</i>	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
Дмитриева И.В. <i>Заместитель председателя</i>	Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
Таранцев А.А.	д.т.н., проф., засл. работник высш. шк. Рос. Федерации, Институт проблем транспорта им Н.С. Соломенко РАН, Санкт-Петербург, Россия
Антюхов В.И.	к.т.н., проф., засл. работник высш. шк. Рос. Федерации, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
Романов Н.Н.	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
Виноградов В.Н.	к.т.н., доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
Болотова П.А. <i>Секретарь</i>	Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия



Editorial council

- Ivakhnyuk G.K.**
Chairman DSc, prof., laureate of the Russian Government prize. federation in the field of science and technology, Saint-Petersburg State technological institute (technical university), Saint-Petersburg, Russia
- Zybina O.A.**
Deputy Chairman DSc, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Matveev A.V.**
Deputy Chairman PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Minkin D.Yu.** DSc, prof., Saint-Petersburg state unitary enterprise «Gorelektrotrans», Saint-Petersburg, Russia
- Sharapov S.V.** DSc, prof., Saint-Petersburg fire and rescue college, Saint-Petersburg, Russia
- Greshnykh A.A.** DSc, PhD, prof., honored worker of the higher school of the Russian Federation, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Maksimov A.V.** PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Barbin N.M.** DSc, prof., honored worker of science and technology, Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia; Research institute of physico-chemical problems and technosphere safety of the Ural state agrarian university, Yekaterinburg, Russia
- Potapov A.I.** DSc, prof., honored scientist of the Russian Federation, winner of the state prize of the Russian Federation and the prize of the government of the Russian Federation in the field of science and technology of the North-Western state correspondence technical university, Saint-Petersburg, Russia
- Silnikov M.V.** DSc, PhD, prof., honored scientist of the Russian Federation, Scientific and production association of special materials, Saint-Petersburg, Russia
- Klyuj V.V.** PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Domnicheva A.V.**
Secretary Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Editorial board

- Onov V.A.**
Chairman PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Dmitrieva I.V.**
Deputy Chairman Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
- Tarantsev A.A.** DSc, prof., honored worker of the higher school of the Russian Federation, N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences, Saint-Petersburg, Russia
- Antyukhov V.I.** PhD, prof., honored worker of the higher school of the Russian Federation, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Romanov N.N. PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Vinogradov V.N. PhD, associate prof., Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

Bolotova P.A. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
Secretary

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

СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

- Малинина Т.Б., Карцева А.К.** Демографические факторы продовольственной безопасности России..... 6
- Лабинский А.Ю.** Краткосрочное прогнозирование с помощью сплайн-экстраполяции..... 12
- Королева Л.А., Морозов Д.И., Захарова Е.А.** Технология ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте в Арктической зоне..... 20

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

- Захматов В.Д., Болочан В.И., Панкратова М.В., Щербак Н.В.** Система тушения горящего самолёта и разлива авиатоплива на пути торможения и после остановки..... 26

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

- Сейеднима Нагиби Иравани, Самад Дехган.** Исследование факторов сейсмического поведения железобетонных рам, устойчивых к особому моменту, на основе иранских норм сейсмостойкости (стандарт № 2800) и сравнение с Кодексом этики ASCE..... 36
- Иванов А.В., Дагирова Д.И., Абдуллаева Ю.С.** Методика оценки производственной программы ремонтного органа МЧС России..... 43
- Виноградов В.Н., Луговой А.А.** Пожарная опасность электроподогрева городских тротуаров..... 52
- Китов С.Н.** Безопасное удаление данных при помощи криптографии и рандомизации..... 60
- Масуме Закави.** Интеллектуальное управление трафиком с использованием нечеткого моделирования..... 68
- Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)..... 81**

CONTENT

MONITORING AND FORECASTING OF NATURAL AND MAN-MADE RISKS

- Malinina T.B., Kartseva A.K.** Demographic factors of Russia's food security..... 6
- Labinsky A.Yu.** The short forecast with use the spline extrapolation..... 12
- Koroleva L.A., Morozov D.I., Zakharova E.A.** Technology for the elimination of oil spills on railway transport in the Arctic zone..... 20

PHYSICAL AND MATHEMATICAL ASPECTS OF EMERGENCY RESPONSE

- Zakhmatov V.D., Bolokan V.I., Shcherbak N.V.** System of extinguishing a burning aircraft and jet fuel spill on the way of braking and after stopping..... 26

ENGINEERING AND INFORMATION SECURITY IN EMERGENCY SITUATIONS

- Seyednima Naghibi Irvani, Samad Dehghan.** Investigation of seismic behavior factors for reinforced concrete special moment-resisting frames based on iranian seismic code (standard № 2800) and comparison with ASCE Code of ethics..... 36
- Ivanov A.V., Dagirova D.I., Abdullayeva Yu.S.** Methodology of evaluation of the production program of the repair body of EMERCOM of Russia..... 43
- Vinogradov V.N., Lugovoy A.A.** Fire danger of electric heating of city sidewalks..... 52
- Kitov S.N.** Secure data deletion using cryptography and randomization..... 60
- Masoumeh Zakavi.** Intelligent traffic control using fuzzy control..... 68

- To the authors of the journal «Natural and man-made risks» (physico-mathematical and applied aspects)..... 81**

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Научная статья

УДК 314

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

✉ **Малинина Татьяна Борисовна.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Карцева Аза Константиновна.

Северо-Западного института управления РАНХиГС, Санкт-Петербург, Россия

✉ **T_malinina@gmail.com**

Аннотация. Исследование посвящено оценке демографической ситуации в крупных аграрных регионах центра России. Как сравнительно благополучную можно оценить демографическую ситуацию только в Белгородской обл., в которой численность населения в 2010–2020 гг. не сократилась, а также зафиксированы наименьшие показатели смертности и лучшие показатели продолжительности жизни населения. Наиболее сложная картина в Брянской и Тамбовской обл., численность населения которых в 2010–2020 гг. ежегодно сокращалась почти на 1 % вследствие большой естественной убыли и активного миграционного оттока. Демографический прогноз Росстата предполагает дальнейшее сокращение численности населения в регионах аграрной специализации центра России. Это может стать препятствием на пути устойчивого развития сельского хозяйства и экономики данных регионов в целом, что диктует необходимость принятия дополнительных мер, направленных на стабилизацию демографической ситуации в аграрных регионах, обеспечивающих продовольственную безопасность страны.

Ключевые слова: регион, аграрный центр, продовольственная безопасность, сельское хозяйство, демографическая ситуация, сельское население, естественная убыль, миграция

Для цитирования: Малинина Т.Б., Карцева А.К. Демографические факторы продовольственной безопасности России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 6–11.

DEMOGRAPHIC FACTORS OF RUSSIA'S FOOD SECURITY

✉ **Malinina Tatiana B.**

Saint-Petersburg state university, Saint-Petersburg, Russia.

Kartseva Aza K.

Northwest institute of management of the Russian academy of national economy and public administration, Saint-Petersburg, Russia

✉ **T_malinina@gmail.com**

Abstract. The study is devoted to the assessment of the demographic situation in large agricultural regions of the center of Russia. The demographic situation can be assessed as relatively prosperous only in the Belgorod region, in which the population did not decrease in 2010–2020, and the best indicators of mortality and life expectancy of the population were recorded. The most difficult picture is in the Bryansk and Tambov regions, whose population declined by almost 1 % annually in 2010–2020 due to a large natural decline and active migration outflow. The demographic forecast of Rosstat suggests a further reduction in the population in the regions of agrarian specialization of the center of Russia. This may become an obstacle to the sustainable development of agriculture and the economy of these regions as a whole, which dictates the need to take additional measures aimed at stabilizing the demographic situation in agricultural regions that ensure the country's food security.

Keywords: region, agricultural center, food security, agriculture, demographic situation, rural population, natural decline, migration

For citation: Malinina T.B., Kartseva A.K. Demographic factors of Russia's food security // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects)*. 2022. № 4 (44). P. 6–11.

Ключевым фактором национальной безопасности любого государства является его продовольственная независимость. Для Российской Федерации, испытывающей колоссальное давление со стороны многих иностранных государств, стабильное продовольственное обеспечение населения – задача первоочередной важности [1]. В этой связи вопросы формирования трудового потенциала сельского хозяйства обретают особую актуальность. Начальной стадией этого процесса является процесс воспроизводства населения. И поскольку, как свидетельствует статистика, обратный процесс урбанизации не характеризуется интенсивностью потока (с 2000 г. такое наблюдалось только в 2018–2020 гг., и суммарный прирост по этому направлению составил 37,5 тыс. чел. [2]), при изучении проблем обеспечения сельского хозяйства рабочей силой следует начинать с изучения демографической ситуации в сельской местности.

Численность сельского населения в Российской Федерации практически ежегодно сокращается, в 2020 г., в сравнении с 2000 г., сельских жителей в стране стало почти на 6 % меньше [3]. Для стабилизации демографической ситуации в сельской местности с 2019 г. в стране реализуется государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий». Одна из целей данной программы – стабилизация удельного веса сельского населения к 2025 г. на уровне 25,2 % [4].

Однако прогноз Росстата неутешительный – уменьшение численности сельского населения продолжится. Причем Росстат ожидает ускорения этого процесса: согласно наиболее реалистичному – среднему – варианту прогноза, численность сельских жителей Российской Федерации в 2036 г., в сравнении с 2021 г., уменьшится на 6,4 %. Даже высокий вариант официального прогноза, который допускает рост численности населения страны на 2 %, предполагает уменьшение численности сельского населения на 2 %. Если сбудется низкий вариант прогноза, то россиян, проживающих в сельской местности, за 2022–2035 гг. станет на 12 % меньше [5]. Необходимо также учитывать то обстоятельство, что сельское население быстро стареет: средний возраст сельских жителей в 1990 г. был равен 38,9 года, в 1995 г. – 39 лет, в 2000 г. – 39,8 года, в 2005 г. – 40,5 лет, в 2010 г. – 41 год, в 2015 г. – 41,7 года, в 2020 г. средний возраст сельского населения составил 42,7 года [2]. Это позволяет говорить о существовании демографической угрозы для стабильного развития сельского хозяйства.

В рамках одной статьи рассмотреть социально-демографическую ситуацию во всех регионах аграрной специализации невозможно. Объектом данного исследования стали субъекты Центрального федерального округа (ЦФО), относящиеся в аграрно-промышленным центрам Российской Федерации (Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Липецкая и Тамбовская обл.). Согласно прогнозным расчетам Росстата численность населения этих регионов, обеспечивающих страну жизненно важными товарами, продовольствием, тоже сократится (табл. 1).

Таблица 1. Прогнозная численность населения аграрных регионов ЦФО, тыс. чел. [5]

Регион	Средний вариант		Высокий вариант		Низкий вариант	
	2020 г.	2035 г.	2020 г.	2035 г.	2020 г.	2035 г.
Российская Федерация	146 699,3	143 060,8	146 818,4	149 943,6	146 580,7	134 739,4
Белгородская обл.	1 550,2	1 546,2	1 552,0	1 623,7	1 548,5	1 454,1
Брянская обл.	1 188,2	1 075,0	1 189,2	1 131,6	1 187,4	1 010,4
Воронежская обл.	2 322,9	2 268,8	2 325,1	2 384,0	2 321,0	2 133,6
Курская обл.	1 102,7	1 060,0	1 103,8	1 116,8	1 101,7	991,8
Липецкая обл.	1 136,9	1 062,6	1 137,8	1 118,4	1 135,9	996,8
Тамбовская обл.	1 001,8	879,1	1 002,6	925,4	1 001,2	825,2

Согласно среднему варианту прогноза к 2035 г. сократится численность населения всех рассматриваемых регионов, в наименьшей степени – в Белгородской обл., в наибольшей степени – в Тамбовской. Лучше среднероссийской прогнозируется ситуация только в двух субъектах – Белгородской и Воронежской обл. В этих же двух регионах ожидается рост численности населения по наиболее оптимистичному прогнозу. Если осуществится низкий вариант прогноза, сокращение численности населения в регионах выделенной группы, за исключением Белгородской обл., станет более значительным, чем в целом в стране – от 8 % в Воронежской обл. до 18 % в Тамбовской обл. Это означает, что темпы сокращения трудового потенциала регионов, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, значительно опередят сокращение численности населения, а значит, возможны проблемы с обеспечением населения товарами первой необходимости – продуктами питания, чего допустить нельзя.

Напомним, что агропромышленных центров, способных внести значительный вклад в обеспечение продовольствием населения не только своего региона, но и всей страны, всего 15 [6]. Это требует пристального изучения демографической ситуации в данных субъектах.

Анализ данных статистики показывает, что во всех изучаемых регионах, за исключением Белгородской обл., численность населения в 2010–2020 гг. сократилась, особенно сильное снижение произошло в Тамбовской и Брянской обл. – на 9 и 8 % соответственно. Именно эти два субъекта характеризуются одновременно и естественной убылью, и значительным миграционным оттоком [7].

Во всех рассматриваемых регионах рождаемость ниже среднего в стране уровня: от 7,4 промилле в Тамбовской обл. (80-е место в Российской Федерации) до 8,3 промилле в Липецкой (65-е место) и Курской (66-е место) обл. при среднем значении общего коэффициента рождаемости в стране, равном 9,8 рождений на 1 000 чел. населения (2020 г.).

Смертность, напротив, остается значительно выше среднероссийского уровня: от 15,6 промилле в Белгородской обл. (47-е место) до 17,8 промилле в Тамбовской обл. (78-е место) при среднем значении общего коэффициента смертности в стране, равном 14,6 умерших на 1 000 чел. населения (2020 г.).

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют об ухудшении основных демографических показателей в 2010–2020 гг. во всех рассматриваемых регионах. В большинстве аграрных центров ЦФО падение рождаемости было более существенным, чем в Российской Федерации. Исключение составляет только Воронежская обл., в которой общий коэффициент рождаемости в рассматриваемый период уменьшился на 20 % против 22 % в стране в целом. А наибольшее снижение рассматриваемого показателя зафиксировано в Белгородской обл. – на 27 % (табл. 2).

Таблица 2. Динамика основных демографических показателей в агропромышленных центрах ЦФО [7]

Регион	2010 г.	2015 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
1	2	3	4	5	6
<i>Общие коэффициенты рождаемости, число родившихся на 1 000 чел. населения</i>					
Российская Федерация	12,5	13,3	10,9	10,1	9,8
Белгородская обл.	10,9	11,5	9,2	8,5	8,0
Брянская обл.	10,7	11,4	9,2	8,3	8,0
Воронежская обл.	10,2	11,1	9,2	8,4	8,2
Курская обл.	11,1	11,6	9,2	8,4	8,3
Липецкая обл.	10,9	11,6	9,5	8,6	8,3
Тамбовская обл.	9,5	9,8	8,1	7,7	7,4

1	2	3	4	5	6
<i>Общие коэффициенты смертности, число умерших на 1 000 чел. населения</i>					
Российская Федерация	14,2	13,0	12,5	12,3	14,6
Белгородская обл.	14,4	13,9	13,5	13,3	15,6
Брянская обл.	17,0	15,8	15,2	14,7	17,0
Воронежская обл.	17,0	15,3	14,7	14,1	16,5
Курская обл.	17,6	16,3	15,4	15,0	17,7
Липецкая обл.	16,7	15,3	14,5	14,3	17,8
Тамбовская обл.	17,5	16,1	15,6	15,0	17,8

Показатели смертности населения, оставаясь более высокими, по сравнению со среднероссийским уровнем, во всех рассматриваемых регионах, за исключением Белгородской обл., в 2010–2019 гг. снижались немного быстрее, чем в Российской Федерации. Но заметим, что для Белгородской обл., несмотря на более медленное снижение этого показателя, характерно наиболее низкое значение общего коэффициента смертности. А наибольших успехов в борьбе за снижение смертности населения удалось добиться Воронежской обл., в которой этот коэффициент уменьшился на 17 % против 13 % в Российской Федерации в целом.

В первый год пандемии рост смертности отмечался во всех российских субъектах, в стране в целом прирост общего коэффициента смертности составил почти 19 %. В выделенной группе регионов самое значительное повышение смертности отмечается в Липецкой обл. – прирост составил 24,5 %, в остальных регионах выделенной группы рост смертности в 2020 г. был ниже среднероссийского уровня. Наиболее подготовленной к схватке с COVID-19 оказалась Брянская обл. – прирост общего коэффициента смертности был наименьшим среди рассматриваемых регионов, это означает, что система здравоохранения региона быстрее и эффективнее справилась с вирусной атакой.

Второй компонент формирования населения – миграционное движение. Среди рассматриваемых регионов в 2010–2020 гг. только в Брянской и Тамбовской обл. суммарное сальдо имело отрицательное значение. Наибольшей миграционной привлекательностью обладают Воронежская и Белгородская обл. (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициент миграционного прироста на 10 000 чел. населения в агропромышленных центрах ЦФО [7]

Регион \ Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Российская Федерация	19	22	21	21	19	17	18	14	9	19	9
Белгородская обл.	39	54	56	43	49	38	46	18	27	60	25
Брянская обл.	-24	-34	-37	-40	-28	-15	4	-20	-30	-0,3	7
Воронежская обл.	68	42	43	42	57	52	54	43	29	42	3
Курская обл.	-18	17	26	42	35	70	76	-9	-12	39	25
Липецкая обл.	15	-7	5	18	21	22	40	-6	-4	16	-4
Тамбовская обл.	-10	5	2	2	3	-52	-33	0,2	-97	-18	-19

По признанию ученых, из числа демографических показателей всю совокупность условий жизни отражает продолжительность жизни. Как свидетельствуют данные табл. 4, продолжительность жизни населения Брянской (46-е место) и Курской (48-е место в Российской Федерации) обл. на один год меньше, чем в среднем в стране. В 2019 г. во всех остальных регионах выделенной группы продолжительность жизни была больше среднероссийского показателя, в 2020 г. в число отстающих вошла и Липецкая обл., в которой зафиксирован максимальный среди рассматриваемых регионов прирост смертности в первый год пандемии. Наиболее высокую позицию в федеральном рейтинге 2020 г. по данному показателю занимала Белгородская обл. – 15-е место (табл. 4).

Таблица 4. Ожидаемая продолжительность жизни в агропромышленных центрах ЦФО, лет [7]

Регион	2010 г.	2015 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Российская Федерация	68,94	71,39	72,91	73,34	71,54
Белгородская обл.	71,31	72,61	73,67	74,21	72,37
Брянская обл.	67,92	70,36	71,71	72,31	70,63
Воронежская обл.	69,45	71,67	73,15	73,63	71,91
Курская обл.	68,53	70,80	71,91	72,27	70,52
Липецкая обл.	68,59	71,07	72,62	73,34	70,59
Тамбовская обл.	69,22	71,67	72,95	73,56	71,78

По ожидаемой продолжительности жизни мужчин рассматриваемые регионы расположились между 18 (Белгородская обл.) и 53 (Брянская обл.) строками ранжированного списка. Лидер по продолжительности жизни женщин – Воронежская обл., занимающая 14 позицию федерального рейтинга, аутсайдер – Курская обл., находящаяся на 47 месте (2020 г.).

Таким образом, на основе анализа динамики основных демографических показателей можно утверждать, что из числа агропромышленных центров ЦФО наиболее сложная ситуация сложилась в Брянской и Тамбовской обл., численность населения которых в 2010–2020 гг. ежегодно сокращалась почти на 1 % вследствие большой естественной убыли и активного миграционного оттока. Брянская область, кроме того, заметно отстает по продолжительности жизни населения, особенно мужчин. Как сравнительно благополучную можно охарактеризовать демографическую картину в Белгородской обл. – это единственный регион из числа аграрных центров ЦФО, в котором численность населения в 2010–2020 г. не сократилась, а также зафиксированы лучшие показатели смертности и продолжительности жизни населения.

Прогнозы демографического развития регионов аграрной специализации центра России также не утешительны. Это создает угрозу для стабильного развития сельского хозяйства и экономики регионов в целом [8] и требует принятия дополнительных мер по стабилизации демографической ситуации в аграрных регионах, обеспечивающих продовольственную безопасность страны.

Список источников

1. Барышникова Н.А. Особенности и проблемы интеграции национальных продовольственных систем в глобальный рынок // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 2-1 (22). С. 77–81. EDN MAVXET.
2. Демографический ежегодник России: стат. сб. М.: Росстат, 2021.
3. Российский статистический ежегодник: стат. сб. М.: Росстат, 2021.
4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 31 мая 2019 г. № 696 (в ред. от 24 дек. 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Предположительная численность населения Российской Федерации на период до 2035 г.: стат. бюл. М.: Росстат, 2020.
6. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 г.: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 13 февр. 2019 г. № 207-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Регионы России. Социально-экономические показатели: стат. сб. М.: Росстат, 2021.
8. Салабутин А.В. Демографические процессы в контексте экономической безопасности: проблемы и перспективы // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 3 (23). С. 87–91. EDN YRNTTZ.

References

1. Baryshnikova N.A. Osobennosti i problemy integracii nacional'nyh prodovol'stvennyh sistem v global'nyj rynek // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2018. № 2-1 (22). S. 77–81. EDN MAVXET.
2. Demograficheskij ezhegodnik Rossii: stat. sb. M.: Rosstat, 2021.
3. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik: stat. sb. M.: Rosstat, 2021.
4. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Kompleksnoe razvitie sel'skih territorij» i o vnesenii izmenenij v nekotorye akty Pravitel'stva Rossijskoj Federacii: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 31 maya 2019 g. № 696 (v red. ot 24 dek. 2021 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
5. Predpolozhitel'naya chislennost' naseleniya Rossijskoj Federacii na period do 2035 g.: stat. byul. M.: Rosstat, 2020.
6. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 13 fevr. 2019 g. № 207-r. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli: stat. sb. M.: Rosstat, 2021.
8. Salabutina A.V. Demograficheskie processy v kontekste ekonomicheskoy bezopasnosti: problemy i perspektivy // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2018. № 3 (23). S. 87–91. EDN YRNTRZ.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 29.10.2022

Принята к публикации: 22.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 29.10.2022

Accepted for publication: 22.11.2022

Информация об авторах:

Малинина Татьяна Борисовна, профессор кафедры экономической социологии Санкт-Петербургского государственного университета (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9), доктор социологических наук, доцент, e-mail: T_malinina@gmail.com

Карцева Аза Константиновна, начальник учебного отдела факультета экономики и финансов Северо-Западного института управления РАНХиГС (199178, Санкт-Петербург, Средний пр. В.О., д. 57/43), e-mail: kartseva-ak@ranepa.ru

Information about the authors:

Malinina Tatiana B., professor of the department of economic sociology of Saint-Petersburg state university (199034, Saint-Petersburg, Universitetskaya nab., 7–9), doctor of sociology, associate professor, e-mail: T_malinina@gmail.com

Kartseva Aza K., head of the educational department of the faculty of economics and finance of the Northwest institute of management of the Russian academy of national economy and public administration (199178, Saint-Petersburg, Sredny ave. V.O., 57/43), e-mail: kartseva-ak@ranepa.ru

Научная статья

УДК 519.6

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ СПЛАЙН-ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

✉ **Лабинский Александр Юрьевич.**

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

✉ *labynsci@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены особенности использования кубических сплайнов для прогнозирования временных рядов. Приведена логическая структура алгоритма и этапы решения задачи прогнозирования с помощью кубических сплайнов. Модель прогнозирования реализована в виде программы для ЭВМ.

Представлены результаты решения задачи краткосрочного прогнозирования применительно к временному ряду, содержащему данные о погибших при пожарах в Российской Федерации за период с 2000 по 2020 г.

Рассмотрено влияние на интенсивность лесного пожара таких условий погоды, как скорость ветра, влажность и температура воздуха. Представлены показатели пожарной опасности в виде пяти классов.

Подробно рассмотрены особенности аппроксимации и экстраполяции функций кубическим сплайном, представленным в виде совокупности алгебраических многочленов степени N . Сплайн-аппроксимация сводится к получению значений коэффициентов многочленов путем их вычисления по аппроксимационным формулам.

Представлены интерфейс и блок-схема программы для ЭВМ, реализующей процесс экстраполяции функции кубическим сплайном. С использованием данной программы выполнено краткосрочное прогнозирование временного ряда на примере данных о пожарах в Российской Федерации за период с 2000 по 2020 г. Результаты прогнозирования представлены в наглядном графическом виде.

Ключевые слова: кубический сплайн, краткосрочное прогнозирование, временной ряд, компьютерная программа, математическая модель

Для цитирования: Лабинский А.Ю. Краткосрочное прогнозирование с помощью сплайн-экстраполяции // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 12–19.

THE SHORT FORECAST WITH USE THE SPLINE EXTRAPOLATION

✉ **Labinskiy Alexander Yu.**

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

✉ *labynsci@yandex.ru*

Abstract. The article considers peculiarities of use of cubic splines for forecasting time series. The logical structure of the algorithm and the stages of solving the forecasting problem with the help of cubic splines are given. The forecasting model is implemented in the form of a program for computers.

The results of solving the task of short-term forecasting for the time series containing data on deaths from fires in the Russian Federation for the period from 1990 to 2010 are presented.

The influence of weather conditions such as wind speed, humidity and air temperature on forest fire intensity is considered. The fire hazard indicators in the form of 5 classes are presented.

Features of approximation and extrapolation of functions by cubic spline, represented as a set of algebraic polynomials of degree N . Spline-approximation is to obtain the values of polynomial coefficients by computing them by approximation formulas.

The interface and flowchart of the program for the computer implementing the process of extrapolation of the function by cubic spline is presented. Using this program, short-term time series forecasting was carried out on the example of data on fires in the Russian Federation from 2000 to 2020. The results of forecasting are presented in a visual graphical form.

Keywords: cubic spline, short-term forecasting, time series, computer program, mathematical model

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022

For citation: Labinskiy A.Yu. The short forecast with use the spline extrapolation // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 12–19.

Введение

Для предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и оценки ущерба от них успешно применяются прогнозирующие математические модели, разработанные с использованием нечеткой логики и нейронных сетей [1–4]. В данной статье в целях решения задач краткосрочного (на 1 год) прогнозирования рассмотрены возможности использования экстраполяции с помощью кубических сплайнов [5–8]. Задача прогнозирования решалась применительно к временному ряду, содержащему данные о погибших при пожарах в Российской Федерации за период с 2000 по 2020 г. Данные взяты из официального сайта МЧС России. В Российской Федерации в связи с большой протяженностью территории, занятой лесом, наибольшую опасность представляют лесные пожары.

Сформулируем постановку задачи, результаты решения которой представлены в данной статье: нужно разработать компьютерную модель, реализующую процесс краткосрочного прогнозирования с помощью сплайн-экстраполяции. Тема статьи актуальна, так как прогнозирующие математические модели, в частности модели с использованием кубических сплайнов, могут применяться для прогнозирования возникновения ЧС и оценки ущерба от них.

Интенсивность лесного пожара по условиям погоды

Интенсивность лесного пожара может быть обусловлена двумя природными явлениями – скоростью ветра и засухой. Засухой называется природное явление, характеризующее сравнительно продолжительным увеличением температуры воздуха при отсутствии дождей, которое может повторяться несколько лет и сопровождаться длительным и высоким уровнем опасности лесных пожаров [9–11]. Фотография лесного пожара представлена на рис. 1.



Рис. 1. Лесной пожар

Условия возможности возникновения и распространения пожаров находятся в прямой зависимости от погоды. Показатель пожарной опасности (класс пожарной опасности (КПО) в лесу по условиям погоды определяется на 12–14 ч. местного времени, как сумма произведения температуры (t°) воздуха на разность между температурой воздуха и точкой росы (Δt) за (n) дней без дождя.

Различают пять КПО, представленных в табл. 1.

Таблица 1

КПО	Комплексный показатель	Пожарная опасность
I	0–300	Отсутствует
II	301–1 000	Малая
III	1 001–4 000	Средняя
IV	4 001–10 000	Высокая
V	более 10 001	Чрезвычайная

Пожарная опасность выше для хвойных лесов, строение или другие особенности которых способствуют переходу низового пожара в верховой (густой высокий подрост хвойных деревьев, значительная захламленность и т.п.).

Лесная служба (лесхозы) обязана ежедневно иметь информацию об уровне пожарной опасности в лесном фонде и информировать о нем население и всех работающих в лесу. Каждый лесной пожарный должен знать текущий уровень пожарной опасности по условиям погоды.

Аппроксимация и экстраполяция кубическим сплайном

Если промежуток $[A, B]$ аппроксимации функции $Y(X)$ велик, и отсутствуют основания считать функцию $Y(X)$ на данном промежутке достаточно гладкой, нет смысла повышать степень многочлена при полиномиальной аппроксимации. Более перспективным в таких условиях является использование кусочно-полиномиальной аппроксимации с помощью сплайн-функций.

Полиномиальная интерполяция и аппроксимация не обеспечивает непрерывность производных функции $Y(X)$ и может давать значительные погрешности в промежутке между узлами. Она плохо приспособлена для экстраполяции. С увеличением числа узлов погрешность такой интерполяции часто может увеличиваться.

От этих недостатков свободна аппроксимация и интерполяция с помощью сплайн-функций – кусочно-полиномиальная аппроксимация. При этом аппроксимирующая функция составляется из отдельных многочленов одинаковой небольшой степени (обычно многочлены третьей степени – кубические сплайны), определенных каждый на своей части отрезка $[A, B]$.

Сплайн-функцией или сплайном называется совокупность $S_N(X)$ алгебраических многочленов степени N , определенных на отрезках $[X_i, X_{i+1}]$ и соединенных вместе по всем отрезкам так, чтобы можно было составить функцию $S_N(X)$, определенную и непрерывную на отрезке $[A, B]$.

Сплайн-аппроксимация (интерполяция) сводится к получению значений коэффициентов многочленов $S_N(X)$ путем их вычисления по аппроксимационным формулам. Кубическим сплайном называется совокупность $S_N(X)$ алгебраических многочленов при $N=3$. Алгебраические многочлены (полиномы) на отрезке $[X_i, X_{i+1}]$ имеют следующий вид:

$$S_3(X) = A_0 + A_1*(X - X_i) + A_2*(X - X_i)^2 + A_3*(X - X_i)^3.$$

Компьютерная модель экстраполяции кубическим сплайном

В программе **SplineE** [12] для каждого отрезка $[X_i, X_{i+1}]$ изменения X кубическая сплайн-функция имеет вид:

$$F_i(X) = (1/6 * H) * (M_i * (X_{i+1} - X_i)^3 + M_{i+1} * (X - X_i)^3) + (1/H) * ((Y_i - M_i * H^2/6) * (X_{i+1} - X_i) + (Y_{i+1} - M_{i+1} * H^2/6) * (X - X_i)),$$

где $H = (X_{i+1} - X_i)$ – шаг узлов.

В сплайн-аппроксимации изменение шага должно быть малым: $H_{\max} / H_{\min} < 4$.

Интерфейс программы представлен на рис. 2.

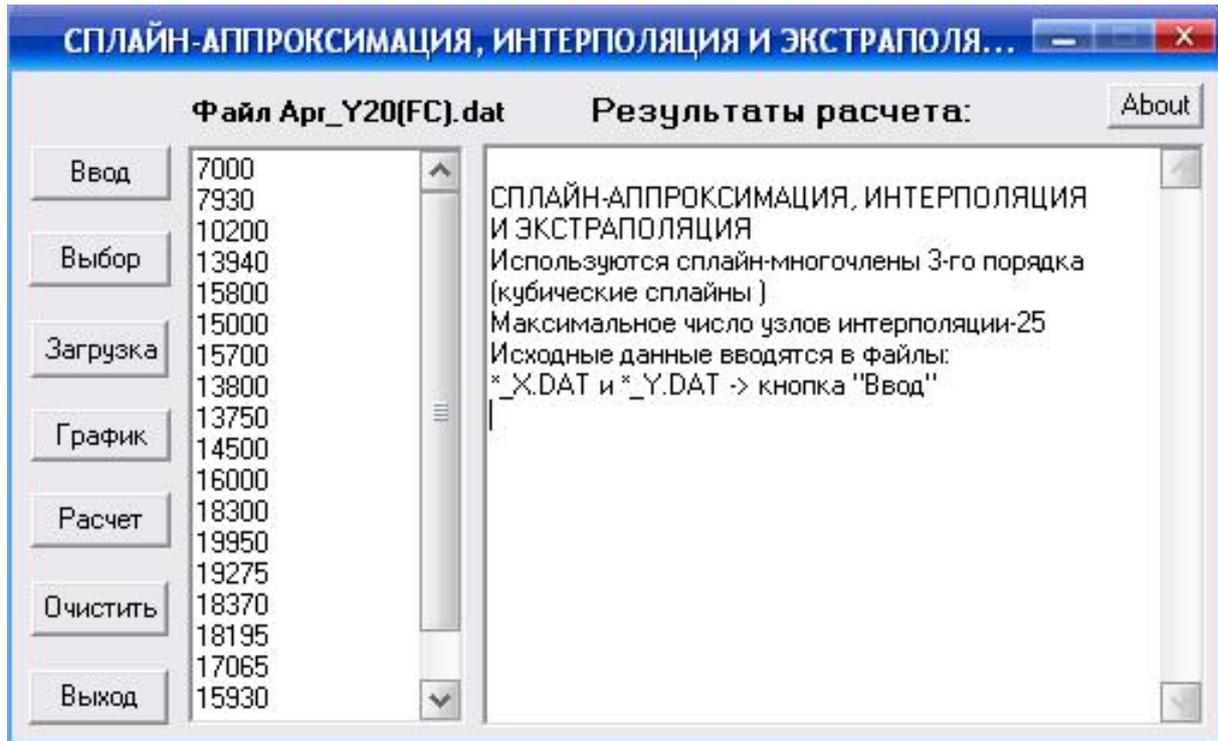


Рис. 2. Интерфейс программы **SplineE**

Значения $Y[i]$ и $X[i]$ задаются и могут быть записаны, а затем считаны из файлов $X.DAT$ и $Y.DAT$. Заданная функциональная зависимость и аппроксимирующий полином могут быть представлены на графике.

В программе **SplineE** производится также экстраполяция на один шаг H , то есть осуществляется краткосрочное прогнозирование.

Блок-схема программы **SplineE** представлена на рис. 3:

Аппроксимация и экстраполяция кубическим сплайном.
Блок-схема программы.

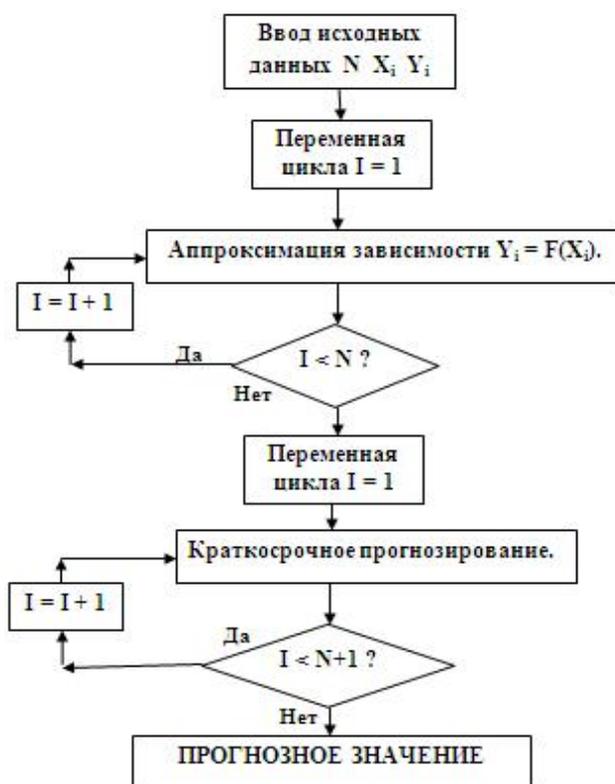


Рис. 3. Блок-схема программы SplineE
Прогнозирование числа погибших при пожарах в Российской Федерации

Программа SplineE была использована для краткосрочного прогнозирования временного ряда, содержащего данные о пожарах в России за 2000–2020 гг. С официального сайта МЧС России были взяты данные о последствиях пожаров (табл. 2).

Таблица 2

Год	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Количество погибших	7 150	7 890	10 150	14 120	15 710	14 950	15 600	13 800	13 850	14 400	16 500

Таблица 2 (продолжение)

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Количество погибших	18 400	19 950	19 325	18 385	18 205	17 170	15 830	15 130	13 230	12 110

Данные временного ряда за 20 лет (с 2000 по 2019 г.) были взяты в качестве обучающей выборки.

В результате прогнозирования на 2020 г. получено значение: 11 750 погибших. Так как статистические данные за этот год показывают 12 110 погибших, то ошибка прогнозирования составляет $\approx 2,5\%$.

Данные обучающей выборки (число погибших на пожарах с 2000 по 2019 г.) представлены на рис. 4, а результаты прогнозирования в графическом виде – на рис. 5 (статистические данные – кривая красного цвета, результаты аппроксимации и экстраполяции – кривая зеленого цвета):

Число погибших на пожарах

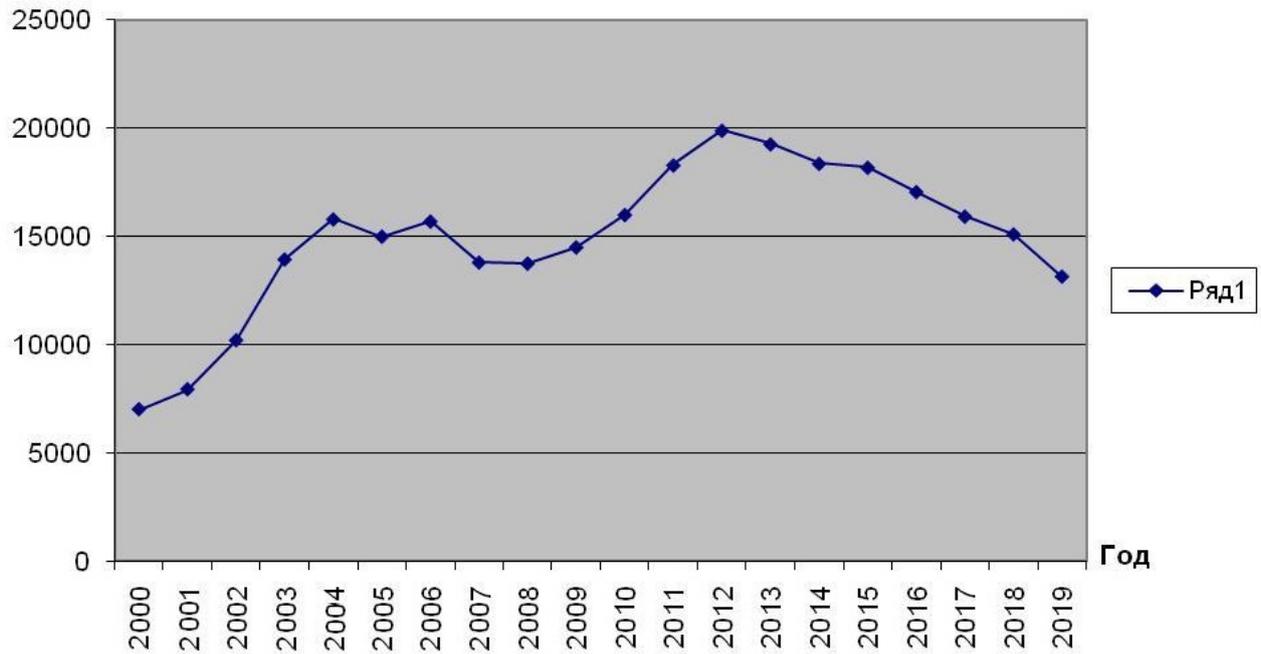


Рис. 4. Данные обучающей выборки



Рис. 5. Результаты прогнозирования на 2020 г.

Выводы

Результаты вычислительного эксперимента с использованием программы для ЭВМ показали, что компьютерная модель прогнозирования путем экстраполяции значений временного ряда с помощью кубического сплайна способна обеспечить приемлемую точность краткосрочного прогнозирования временного ряда.

Новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в разработке компьютерной модели, реализующей процесс краткосрочного прогнозирования с помощью сплайн-экстраполяции. Компьютерная модель, реализованная в виде программы для ЭВМ, способна осуществлять прогнозирование путем экстраполяции значений временного ряда с помощью кубического сплайна.

Список источников

1. Лабинский А.Ю. Модель нечеткого прогнозирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 80–87. EDN XRKAZT.
2. Лабинский А.Ю. Особенности использования нейронной сети для прогнозирования временных рядов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 1. С. 40–45. EDN UYRIUA.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663521. Система прогнозирования пожаров и чрезвычайных ситуаций: № 2021662769: заявл. 10 авг. 2021 г.: опубл. 18 авг. 2021 г. / Б.В. Овчаренко, А.В. Матвеев. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России. EDN HRNLQH.
4. Матвеев А.В., Богданова Е.М. Классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 4 (24). С. 61–70. EDN YTPZYL.
5. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы. М.: Высшая школа, 2014.
6. Kahneman D. Mathematical Modeling. NY and London, 2016.
7. Bunge M. Decision Analysis with Applications. London, 2015.
8. Corbin R. Numerical Methods. NY, 2018.
9. Олейник Т.Ф. Природные катастрофы: наводнения, землетрясения, лесные пожары, торнадо. Ростов н/Д.: Феникс, 2017.
10. Остудин Н.В., Аполинов А.А., Козлов А.Н. Комплексный анализ рисков возникновения природных пожаров как эффективный инструмент прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций в рамках антикризисного управления // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 2 (42). С. 4–10. EDN ASJABS.
11. Лабинский А.Ю. Компьютерное моделирование: монография. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2021.

References

1. Labinskij A.Yu. Model' nechetkogo prognozirovaniya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2016. № 4 (40). S. 80–87. EDN XRKAZT.
2. Labinskij A.Yu. Osobennosti ispol'zovaniya nejronnoj seti dlya prognozirovaniya vremennyh ryadov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 1. S. 40–45. EDN UYRIUA.
3. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM № 2021663521. Sistema prognozirovaniya pozharov i chrezvychajnyh situacij: № 2021662769: zayavl. 10 avg. 2021 g.: opubl. 18 avg. 2021 g. / B.V. Ovcharenko, A.V. Matveev. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii. EDN HRNLQH.

4. Matveev A.V., Bogdanova E.M. Klassifikaciya metodov prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2018. № 4 (24). S. 61–70. EDN YTPZYL.
5. Kireev V.I., Panteleev A.V. Chislennye metody. M.: Vysshaya shkola, 2014.
6. Kahneman D. Mathematical Modeling. NY and London, 2016.
7. Bunge M. Decision Analysis with Applications. London, 2015.
8. Corbin R. Numerical Methods. NY, 2018.
10. Olejnik T.F. Prirodnye katastrofy: navodneniya, zemletryaseniya, lesnye pozhary, tornado. Rostov n/D.: Feniks, 2017.
11. Ostudin N.V., Apolinarov A.A., Kozlov A.N. Kompleksnyj analiz riskov vozniknoveniya prirodnyh pozharov kak effektivnyj instrument prognozirovaniya i preduprezhdeniya chrezvychajnyh situacij v ramkah antikrizisnogo upravleniya // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2022. № 2 (42). S. 4–10. EDN ASJABS.
12. Labinskij A.Yu. Komp'yuternoe modelirovanie: monografiya. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2021.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 01.11.2022

Принята к публикации: 24.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 01.11.2022

Accepted for publication: 24.11.2022

Информация об авторах:

Лабинский Александр Юрьевич, 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:

Labinsky Alexander Yu., 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>

Научная статья

УДК 504.062; 656.085.2

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

✉ Королева Людмила Анатольевна;

Морозов Дмитрий Иванович;

Захарова Елена Александровна.

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

✉ koroleva.l@igps.ru

Аннотация. В настоящее время и в перспективе сеть железных дорог будет широко использоваться для доставки нефтепродуктов потребителям в Арктике. Предложена технология ликвидации разливов нефтепродуктов при их перевозке железнодорожным транспортом, учитывающая особенности Арктического региона. Технология основывается на использовании вагонов-цистерн для накопления сорбентов, предназначенных для ликвидации разливов нефтепродуктов. Предлагается использовать гибкие сетчатые сорбционные патроны.

Определены преимущества предлагаемой технологии: уменьшение времени реагирования на аварийные ситуации, доступность сорбентов в зоне аварии, возможность их заблаговременного выбора. При этом упрощаются процессы удаления насыщенных сорбентов из зоны аварии, снижается их пожарная опасность. Отмечено, что в случае применения огнетушащих веществ сорбционные патроны способны ограничивать растекание пены и очищать воду от загрязнения нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефтепродукты, Арктика, железнодорожный транспорт, сорбционный патрон, локализация и ликвидация разливов нефтепродуктов, технология, пожарная опасность

Для цитирования: Королева Л.А., Морозов Д.И., Захарова Е.А. Технология ликвидации разливов нефтепродуктов на железнодорожном транспорте в Арктической зоне // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 20–25.

TECHNOLOGY FOR THE ELIMINATION OF OIL SPILLS ON RAILWAY TRANSPORT IN THE ARCTIC ZONE

✉ Koroleva Lyudmila A.;

Morozov Dmitry I.;

Zakharova Elena A.

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

✉ koroleva.l@igps.ru

Abstract. Currently and in the future, the railway network will be widely used to deliver petroleum products to consumers in the Arctic. The technology of liquidation of oil spills during their transportation by rail, taking into account the peculiarities of the Arctic region, is proposed. The technology is based on the use of tank cars for the accumulation of sorbents intended for the elimination of oil spills. It is proposed to use flexible mesh sorption cartridges.

The advantages of the proposed technology are determined: reduction of emergency response time, availability of sorbents in the accident zone, the possibility of their early selection. At the same time, the processes of removing saturated sorbents from the accident zone are simplified, their fire hazard is reduced. It is noted that in the case of fire extinguishing agents, sorption cartridges are able to limit the spreading of foam and purify water from contamination with petroleum products.

Keywords: petroleum products, Arctic, railway transport, sorption cartridge, localization and elimination of oil spills, fire hazard, technology

For citation: Koroleva L.A., Morozov D.I., Zakharova E.A. Technology for the elimination of oil spills on railway transport in the Arctic zone // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 20–25.

Проблема ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов в Арктической зоне

Транспортные схемы, применяемые для доставки нефтепродуктов в Арктическую зону, достаточно разнообразны. Несмотря на ограничения существующих транспортных связей, в используемых схемах поставок основная роль принадлежит железнодорожному транспорту (ЖДТ), работа которого характеризуется наибольшей протяженностью транспортных расстояний. В настоящее время и в перспективе сеть железных дорог будет широко использоваться для доставки нефтепродуктов потребителям в Арктике [1–3].

Актуальным является решение проблемы, связанной с ликвидацией аварийных разливов нефтепродуктов, при их транспортировке железнодорожным транспортом [4]. Суровые климатические условия, дефицит времени, большое количество сценариев развития аварийной ситуации ограничивают применение существующих технологий, которые показывают свою «оперативную недееспособность» и невысокую эффективность [5, 6]. На практике достаточно часто локализация и ликвидация аварийных разливов опасных грузов (ОГ) осуществляется несвоевременно и (или) не в полном объеме. Традиционные технологии локализации и ликвидации разливов опасных грузов на ЖДТ не обладают универсальностью, необходимой для оперативной и эффективной защиты окружающей среды.

Целью исследования является разработка и обоснование технологической схемы ликвидации разливов нефтепродуктов в Арктической зоне при их перевозке ЖДТ.

Обоснование технологии ликвидации и сбора нефтепродуктов в Арктической зоне

Технологии ликвидации и сбора нефтепродуктов включают три этапа: локализация, ликвидация разлива, постликвидационные мероприятия (рис. 1). Сбор нефтепродуктов, их химическая нейтрализация и иммобилизация получили наибольшее распространение для осуществления процессов ликвидации разливов. Использование сорбентов или специальных поглотительных материалов является наиболее эффективным методом иммобилизации [5].



Рис. 1. Принципиальная технологическая схема локализации и сбора разливов нефтепродуктов на ЖДТ

Выбор технологии, применяемой на каждом этапе, обусловлен рядом факторов (рис. 2). Доминирующим фактором, определяющим эффективность всего комплекса ликвидационных мероприятий, является время, прошедшее с момента выхода загрязняющих веществ в окружающую среду до начала проведения мероприятий по их локализации и сбору. Масштабы загрязнения окружающей среды, вероятность возникновения и распространения пожаров, полученный ущерб напрямую зависят от времени взаимодействия ОГ с окружающей средой. Минимизация времени от момента возникновения аварии до начала локализации разлива является одной из основных задач при проведении и организации мероприятий. Традиционные технологии локализации и сбора разливов нефтепродуктов требуют «принципиального изменения в направлении сокращения времени» [5].

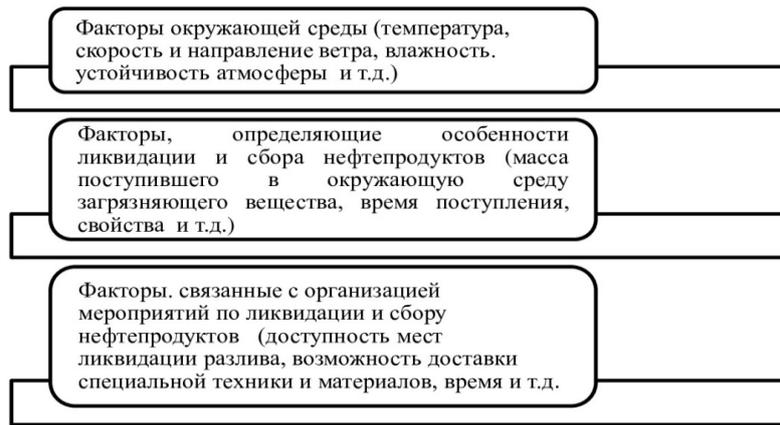


Рис. 2. Факторы, влияющие на выбор технологии ликвидации разливов нефтепродуктов

Аварийный выход ОГ из котла цистерны, локализация и ликвидация разливов характеризуются материальными потоками, которые представлены на рис. 3 [5]. Сравнительный анализ материальных потоков приведен в таблице.



Рис. 3. Материальные потоки процессов локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на ЖДТ

Таблица. Сравнительный анализ материальных потоков технологий локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на ЖДТ

Материальный поток	Характеристика	Пожарная опасность потока
1	2	3
Традиционная технология		
A	Эмиссия ОГ в окружающую среду из вагона-цистерны	Пожароопасные грузы. Класс опасности 3 «Легковоспламеняющиеся жидкости и смеси жидкостей»
B	Специальная техника и ликвидационные материалы, необходимые для локализации и ликвидации разлива	Пожарная опасность определяется свойствами сорбента
C	Преобразованные в процессе нейтрализации или иммобилизации ликвидационные материалы	Пожарная опасность определяется свойствами сорбента и ОГ
D	Отработанные и насыщенные ликвидационные материалы, накапливаемые в зоне локализации разлива	
F	Отработанные и насыщенные ликвидационные материалы, собираемые в специальные емкости	

1	2	3
Предлагаемая технология		
В*	Ликвидационные материалы, местом накопления которых является цистерна	Пожарная опасность определяется свойствами сорбента
Р*	Отработанные и насыщенные ликвидационные материалы, местом накопления которых является цистерна	Пожарная опасность определяется свойствами сорбента и ОГ

Вагон-цистерна, находясь в зоне аварии, обладает определенными характеристиками, анализ которых позволяет сделать вывод о возможности ее использования для доставки ликвидационных материалов в зону аварии (рис. 4).

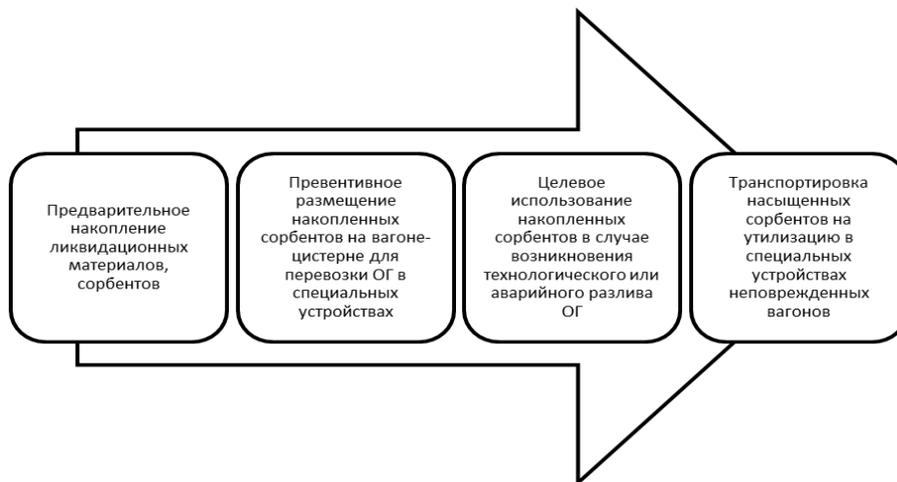


Рис. 4. Технологическая схема предлагаемой технологии

Для накопления сорбентов нефтепродуктов предлагается использовать гибкие сетчатые патроны, по конструкции сходные с бонами, широко применяемыми для сбора нефтепродуктов с поверхности воды. В качестве сорбентов могут быть применены промышленные сорбенты, природные материалы или производственные отходы [7–11]. Применение активированных углей в качестве сорбента для сбора нефти нецелесообразно, что подтверждается невысокими значениями емкости по нефтепродуктам и их низкой стойкостью к механическим нагрузкам.

Сравнительный анализ показал, что «Унисорб-экстра» ТУ 0391-011-67072902-2011 является наиболее предпочтительным сорбентом для комплектования сорбционных патронов и использования для ликвидации аварий, связанных с разливом нефтепродуктов. Это подтверждается анализом его технических характеристик и стоимостью сбора одной тонны нефтепродуктов.

Для недопущения распространения загрязнения при разгерметизации котла цистерны, из сорбционных патронов, установленных на неповрежденных цистернах, формируются заградительные конструкции. Возможно погружение сорбционных патронов в слой пролитого нефтепродукта. По завершению работ по локализации и ликвидации разлива, насыщенные нефтепродуктами сорбционные патроны упаковываются, устанавливаются на неповрежденные вагоны и транспортируются к месту утилизации.

Преимущества предлагаемой технологии

Предлагаемая технология имеет ряд преимуществ: оперативный доступ к ликвидационным материалам в зоне разлива, их доступность; значительное уменьшение времени начала проведения мероприятий по ликвидации аварии; возможность

заблаговременного выбора, приобретения и накопления сорбентов. Ее применение позволит снизить риск каскадного развития чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами [12].

В случае пожара и применения огнетушащих веществ использование сорбционных патронов позволит ограничить растекание пены и частично очистить воду, используемую для целей пожаротушения, от загрязнения нефтепродуктами.

Список источников

1. Биев А.А., Шпак А.В. Проблемы нефтепродуктообеспечения Арктических регионов России // Проблемы развития территории. 2017. № 2 (88). С. 51–62.
2. Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве / В.М. Грузинов [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2019. № 1 (33). С. 6–20.
3. Requirements for Transport Support of Offshore Production in the Arctic Zone / A. Fadeev [et al.] // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 54. P. 883–889.
4. Королева Л.А., Головин С.А., Свидзинская Г.Б. Сравнительный анализ пожарных рисков при железнодорожных перевозках нефтепродуктов в Российской Федерации и Европейском Союзе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 17–25.
5. Сорока Л.А., Ярышкина Л.А. Технология ликвидации разливов нефтепродуктов с превентивным накоплением сорбентов в зоне образования и локализации разлива // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2012. № 42. С. 45–55.
6. Al-Majed Ab.A., Adebayo Ab.R., Hossain E. Sustainable Approach to Controlling Oil Spills // Journal of Environmental Management. 2012. Vol. 113. P. 213–227.
7. Жуков Н.С. Анализ применения сорбентов при аварийных разливах нефти (на примере месторождения о. Сахалин) // Вестник науки и образования. 2020. № 13-1 (91). С. 69–72.
8. Анализ риска распространения аварийных разливов нефти / С.Н. Зацепя [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2014. № 3. С. 30.
9. Павлов А.В., Васильева Ж.В. Исследование сорбентов нефти и нефтепродуктов для ликвидации аварийных разливов нефти в морях Арктического региона // Проблемы региональной экологии. 2019. № 5. С. 89–94.
10. Экспериментальное исследование сорбента для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Т.И. Безмянников [и др.] // Транспорт и хранение нефтепродуктов. 2019. № 1. С. 24–27.
11. Бадмаева С.В., Дашинамжилова Э.Ц., Ханхасаева С.Ц. Применение сорбентов, полученных из растительных отходов, для поглощения нефтепродуктов // Вестник БГУ. Химия. Физика. 2018. № 4. С. 30–35.
12. Королева Л.А., Ивахнюк Г.К., Нефедьев С.А. Применение комплексного технологического аудирования на объектах железнодорожного транспорта для снижения риска каскадного развития чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 21–30.

References

1. Biev A.A., Shpak A.V. Problemy nefteproduktoobespecheniya Arkticheskikh regionov Rossii // Problemy razvitiya territorii. 2017. № 2 (88). S. 51–62.
2. Arkticheskie transportnye magistrali na sushe, akvatoriyah i v vozdushnom prostranstve / V.M. Gruzinov [i dr.] // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2019. № 1 (33). S. 6–20.
3. Requirements for Transport Support of Offshore Production in the Arctic Zone / A. Fadeev [et al.] // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 54. R. 883–889.
4. Koroleva L.A., Golovin S.A., Svidzinskaya G.B. Sravnitel'nyj analiz pozharnyh riskov pri zheleznodorozhnyh perevozkah nefteproduktov v Rossijskoj Federacii i Evropejskom Soyuze // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 17–25.

5. Soroka L.A., Yaryshkina L.A. Tekhnologiya likvidatsii razlivov nefteproduktov s preventivnym nakopleniem sorbentov v zone obrazovaniya i lokalizatsii razliva // Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta. 2012. № 42. S. 45–55.
6. Al-Majed Ab.A., Adebayo Ab.R., Hossain E. Sustainable Approach to Controlling Oil Spills // Journal of Environmental Management. 2012. Vol. 113. P. 213–227.
7. Zhukov N.S. Analiz primeneniya sorbentov pri avarijnyh razlivah nefti (na primere mestorozhdeniya o. Sahalin) // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2020. № 13-1 (91). S. 69–72.
8. Analiz riska rasprostraneniya avarijnyh razlivov nefti / S.N. Zacepa [i dr.] // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2014. № 3. S. 30.
9. Pavlov A.V., Vasil'eva Zh.V. Issledovanie sorbentov nefti i nefteproduktov dlya likvidatsii avarijnyh razlivov nefti v moryah Arkticheskogo regiona // Problemy regional'noj ekologii. 2019. № 5. S. 89–94.
10. Eksperimental'noe issledovanie sorbenta dlya likvidatsii avarijnyh razlivov nefti i nefteproduktov / T.I. Bezmyannikov [i dr.] // Transport i hranenie nefteproduktov. 2019. № 1. S. 24–27.
11. Badmaeva S.V., Dashinamzhilova E.C., Hanhasaeva S.C. Primenenie sorbentov, poluchennyh iz rastitel'nyh othodov, dlya pogloshcheniya nefteproduktov // Vestnik BGU. Himiya. Fizika. 2018. № 4. S. 30–35.
12. Koroleva L.A., Ivahnyuk G.K., Nefed'ev S.A. Primenenie kompleksnogo tekhnologicheskogo audirovaniya na ob'ektah zheleznodorozhnogo transporta dlya snizheniya riska kaskadnogo razvitiya chrezvychajnyh situatsij, svyazannyh s pozharemi // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 3. S. 21–30.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 25.11.2022

Принята к публикации: 20.12.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 25.11.2022

Accepted for publication: 20.12.2022

Информация об авторах:

Королева Людмила Анатольевна, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>

Морозов Дмитрий Иванович, обучающийся Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: DIM4646MOR@mail.ru

Захарова Елена Александровна, старший преподаватель кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zakharova.e@igps.ru

Information about the authors:

Koroleva Lyudmila A., professor of the department of fire, rescue equipment and automotive industry of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: koroleva.l@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5661-5774>

Morozov Dmitry I., student of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: DIM4646MOR@mail.ru

Zakharova Elena A., senior lecturer of the department of fire, rescue equipment and automotive industry of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: zakharova.e@igps.ru

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Научная статья

УДК 654.924.5

СИСТЕМА ТУШЕНИЯ ГОРЯЩЕГО САМОЛЁТА И РАЗЛИВА АВИАТОПЛИВА НА ПУТИ ТОРМОЖЕНИЯ И ПОСЛЕ ОСТАНОВКИ

✉ Захматов Владимир Дмитриевич;

Болокан Валерий Иванович;

Панкратова Мария Валентиновна.

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

Щербак Николай Владимирович.

ООО «ЗОЛА», Санкт-Петербург, Россия

✉ zet.pulse@gmail.com

Аннотация. Одной из актуальных мировых проблем является проблема тушения горящих самолётов и вертолётов при их посадке на взлётно-посадочную полосу и выкатывании за ее пределы. Значительная часть аварийно приземляющихся самолётов взрывается и разваливается на куски на тормозном пути, но нет техники, которая позволяла бы тушить их с момента приземления и до полной остановки. Традиционные стационарные системы тушения не предназначены для размещения по всей длине взлётно-посадочной полосы из-за высокой стоимости монтажа, технического обслуживания и поддержания в рабочем состоянии в зимний период времени. Как известно, борт аварийного самолёта способен защитить пассажиров от внешнего пожара не более 2 мин. Поэтому необходимо повысить мощность подачи воды пожарных аэродромных автомобилей для достижения необходимой скорости огнетушащего вещества, способного гарантировать спасение пассажиров.

В статье описана новая техника ударно-волнового тушения, приведены данные полигонных испытаний прототипов автономных многоствольных модулей импульсного распыления для стационарных систем тушения по всей длине взлетно-посадочной полосы и модулей для шасси пожарных аэродромных автомобилей. Автоматическая система импульсного тушения вступает в действие на взлётно-посадочной полосе по всей её длине. Тушение происходит с момента приземления самолета до его торможения, после остановки самолета вступают в действие новые пожарные аэродромные автомобили с башенными и рубочными многоствольными модулями для окончательного тушения горящего самолёта и разлива горящего топлива вокруг него, обеспечения эвакуации пассажиров до прогара фюзеляжа и гибели пассажиров в самолёте.

Ключевые слова: горящие самолёты, взлётно-посадочная полоса, автоматическая система тушения, автономные исполнительные модули, пожарные, аэродромные автомобили, спасение пассажиров, тепловая стойкость борта

Для цитирования: Захматов В.Д., Болокан В.И., Панкратова М.В., Щербак Н.В. Система тушения горящего самолёта и разлива авиатоплива на пути торможения и после остановки // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 26–35.

SYSTEM OF EXTINGUISHING A BURNING AIRCRAFT AND JET FUEL SPILL ON THE WAY OF BRAKING AND AFTER STOPPING

✉ Zakhmatov Vladimir D.;

Bolokan Valery I.;

Pankratova Maria V.

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

Shcherbak Nikolay V.

LLC «ZOLA», Saint-Petersburg, Russia

✉ zet.pulse@gmail.com

Abstract. One of the urgent world problems is the problem of extinguishing burning planes and helicopters when they land on the runway and roll out of it. A significant part of crash-landing aircraft explodes and falls to pieces on the braking distance, but there is no technology that would allow them to extinguish from the moment of landing to a complete stop. Traditional stationary extinguishing systems are not designed to be placed along the entire length of the runway due to the high cost of installation, maintenance and maintenance in winter. As you know, the board of an emergency aircraft is able to protect passengers from an external fire for no more than 2 min. Therefore, it is necessary to increase the water supply capacity of airfield fire trucks in order to achieve the required rate of supply of fire extinguishing agent capable of guaranteeing the rescue of passengers. The above problems cannot be solved by traditional extinguishing techniques.

The article describes a new technique of shock wave extinguishing, provides data from field tests of prototypes of autonomous multi-barrel pulsed spray modules for stationary extinguishing systems along the entire length of the runway and modules for the chassis of airfield fire trucks. The automatic pulse extinguishing system comes into effect on the runway along its entire length. Extinguishing occurs from the moment the aircraft lands until it decelerates, after the aircraft stops, new airfield fire trucks with tower and deckhouse multi-barrel modules come into effect to finally extinguish the burning aircraft and spill burning fuel around it, ensure the evacuation of passengers before the fuselage burns out and passengers die in the plane.

Keywords: burning planes, runway, automatic extinguishing system, autonomous executive modules, firefighters, airfield vehicles, passenger rescue, thermal stability of the board, passenger rescue guarantee

For citation: Zakhmatov V.D., Bolokan V.I., Pankratova M.V., Shcherbak N.V. System of extinguishing a burning aircraft and jet fuel spill on the way of braking and after stopping // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)* = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 26–35.

Введение

В мире регулярно гибнут пассажиры во время аварийного приземления самолета на взлетно-посадочную полосу (ВПП). Современные пожарные аэродромные автомобили (ПАА) соответствуют нормам ИКАО, стоимость их составляет 2–2,5 млн евро, оснащены цистернами емкостью от 10 до 20 т воды, 1-2 лафетными стволами интенсивностью 70–100 л/сек и мощными насосами на каждый ствол. Но они редко справляются с поставленной задачей, так как борт фюзеляжа самолёта сохраняет способность защитить пассажиров не более 2–3 мин. Затем пламя распространяется в пассажирский салон, и массово гибнут люди из-за высокой температуры и токсичного дыма [1, 2]. До настоящего времени превалирует количественный подход в модернизации ПАА – увеличиваются емкость цистерны с водой возимой на ПАА, количество насосов и стволов, устанавливаются спаренные стволы на пневмоимпульсных установках так, что струи от стволов взаимно усиливают друг друга, а общая площадь тушения на 30–45 % превышает сумму площадей тушения двумя отдельно действующими такими же стволами. Однако эти усовершенствования достигли своего предела по грузоподъемности и габаритам кузова шасси ПАА, также они не являются принципиально новыми и «прорывными». Эффект

от них не соответствует кратному увеличению стоимости ПАА и их регулярного технического обслуживания перетяжелённого скоростного шасси, насосов, трубопроводов, стволов высокого давления высококвалифицированными специалистами. Увеличение стоимости оборудования зачастую делает его труднодоступным для большинства аэропортов [1, 3, 4].

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования заключаются в анализе авиационных происшествий, в частности пожаров самолета и разлива авиатоплива, увеличивающихся по масштабам, интенсивности и скорости развития далеко за пределы возможностей современных ПАА, а также в анализе имеющихся теорий и результатов практического применения традиционной пожарной техники при тушении горящих самолётов на ВПП.

Описание и обсуждение авторами результатов исследований позволили выделить ряд объективных причин:

1. Нет стационарной системы пожарных устройств подачи огнетушащего состава (ОС) на горящий самолёт и утечку авиатоплива на длинном тормозном пути его движения по ВПП от момента приземления. Именно в этот период наиболее вероятны взрывы, разрушения фюзеляжа и крыльев самолёта от ударного возрастания внешней нагрузки на корпус самолёта в момент касания его шасси ВПП и резкого изменения распределения схемы сил, действующих на фюзеляж самолёта. Особенно это опасно, если фюзеляж и крылья получили повреждения в полёте от попадания или близкого взрыва ракет, снарядов, снижена их прочность от внутреннего пожара. Современные системы пожарных роботов, например, фирмы «ЭФЭР» (г. Петрозаводск) способны защитить большие площади, однако тушат длительно с большими удельными расходами, поэтому требуют привязки к мощному водопроводу со сложной системой управления огнетушащей струей.

2. Увеличивается вероятность раздува внешнего пожара потоком встречного воздуха с последующим взрывом при быстром движении самолёта на пути торможения по ВПП.

3. Вокруг фюзеляжа и крыльев самолёта, остановившегося на ВПП, образуется разлив горящего авиа керосина площадью от 400 до 2 500 м² в зависимости от типа самолёта. Пламя горящего разлива создаёт интенсивное тепловое излучение, борт фюзеляжа прогорает за 1–3 мин, а затем пламя проникает в пассажирский салон, сжигая пассажиров и отравляя их токсичным дымом.

4. Для обеспечения спасения пассажиров требуется потушить пламя разлива именно за 1–3 мин на площади до 2 500 м² вокруг остановившегося после аварийного приземления самолёта. Однако не существует автоматических систем пожаротушения вдоль ВПП, а ПАА неэффективны для тушения движущегося самолёта из-за невозможности подачи ОС с широким фронтом, способным за 1–2 сек. тушить всю или горящую поверхность фюзеляжа и крыльев. Учитывая высокую пожарную опасность самолёта из-за обилия сплавов горючих алюминия и магния, отделочных материалов пассажирского салона, множества цистерн, заполненных легковоспламеняющимся и взрывоопасным авиатопливом [2, 5, 6], тушение пожара становится еще более трудным.

Наиболее опасные варианты развития пожара, ускоряющие разрушение фюзеляжа самолёта и гибель пассажиров:

1. Прогорание стенки фюзеляжа и распространение пламени на пассажирский салон = скорая гибель пассажиров от интенсивного теплового излучения и ядовитого дыма.

2. Перегрев стенок не разгерметизированных топливных баков приводит к возрастанию внутреннего давления, разрыву стенки с выбросом горючего, образования топливо-воздушной объёмно-дефлагрирующей смеси, что ведет к взрыву, разрушает фюзеляж и убивает пассажиров.

3. Из-за сильного трения в период аварийного торможения воспламеняются шины шасси и поджигают барабаны колёс, отлитые из быстрогорящего магниевых сплава с температурой близкой к горению термита – более $T = 2\ 000\ ^\circ\text{C}$. Такое соседство разрушает

стойки колес, происходит обрушение самолёта с высокой вероятностью взрыва и последующей гибели пассажиров.

4. Обрушение амортизирующих стоек шасси из-за разрыва масляных цилиндров от повышения внутреннего давления и нагрева приводит к разрушению самолёта.

Пожары разлитого авиатоплива характеризуются, как правило, большими размерами, быстрым распространением горения по всей площади вокруг самолёта, высокой скоростью и большой температурой в зоне горения (более $T = 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$). Такие пожары создают высокотемпературное воздействие тепловых потоков на фюзеляж самолета и быстрое прогорание обшивки фюзеляжа. Эксперименты показали, что через 2–3 мин установившегося горения разлитого топлива обшивка фюзеляжа прогорает, и пламя распространяется в пассажирский салон, кабину пилотов и багажный отсек. Таким образом, происходит быстрая гибель пассажиров и экипажа от теплового воздействия и токсичного дыма горящих материалов отделки салона [3, 4].

Результаты исследований и их обсуждение

Ещё в 1980-х гг. топливно-энергетический комплекс (ТЭК) Совета министров и Министерство обороны СССР финансировали исследования и опытно-конструкторские работы по принципиально новой пожарной технике. Примером такой пожарной техники были многоствольные модули (ММ) импульсно-залпового распыления ряда огнетушащих агентов (ОА) – жидкостей, гелей, порошков, газов. Применение таких ММ обеспечивало комбинированное тушение пожаров, минимальные расходы ОА, что влияло на экологически чистое тушение и многократное повышение вероятности спасения пассажиров и экипажа. Однако распад СССР не позволил закончить эту программу. В последние годы в связи с возрастанием масштабов промышленных катастроф и террористических атак к данным работам возник интерес в России, Китае, Чехии, Эстонии и Финляндии [7, 8].

Даже при синхронизированной подаче ОС из лафетных стволов нескольких ПАА не хватает масштаба для тушения горящих самолётов и вертолётов из-за малой площади фронта огнетушащих струй – в 1 000–10 000 раз ниже площади горения от 400 м² у малого самолёта и до 2 000 м² у Боинга-747. Большой радиус поражения излучением и тепловыми потоками от пламени разлива авиатоплива не позволяет ПАА подъехать на дистанцию к границе пламени для подачи тонкораспылённой воды или пены струями с широким фронтом диаметром до пяти раз больше по сравнению с компактной струей. Подача воды с более дальних дистанций (10 м и выше) узкими струями увеличивает удельные расходы ОС до 100–1 000 л/м², удлиняет процесс тушения, увеличивает площадь повторных воспламенений, что не дает гарантии спасения пассажиров даже приехавшими быстро ПАА [1, 6–9].

Анализ проведенных экспериментов показал, что можно добиться быстрого тушения пожаров и с низкими удельными расходами ОС. Для этого надо предотвратить повторные воспламенения, изменив механизм тушения, усилив разрушение и охлаждение конденсированной высокотемпературной зоны горения путем повышения скорости, площади и плотности фронта тушения. В частности для спасения пассажиров и экипажа можно ускорить тушение горящих разливов авиатоплива, фюзеляжа, крыльев самолёта. Для этого обоснован и экспериментально отработан механизм распыления ОС в виде скоростных мощных шквалов с широким фронтом, одновременно и быстро сбивающих пламя, осаждающих токсичный дым. На рис. 1, 2 показан диапазон вариантов многоствольных модулей В.Д. Захматова.



а)



б)



в)

Рис. 1: а) «Импульс-3М» с башенным модулем 50-стволов (прототип); б) компоновка аэродромной пожарной машины с ММ-50 (96) на быстроходном шасси Дана – колесной артиллерийской установки (Словакия), Сюзана (Чехия); в) очаг авиатоплива площадью $400 (40 \times 10) \text{ м}^2$, фронт газопорошкового вихря подошёл к ближнему краю на дальности 60 м, $T = 0,65 \text{ сек.}$, фронт прошел дальний край очага – 100 м (полное тушение)



а)



б)



в)

Рис. 2: а) стационарные автономные дистанционно управляемые девятиствольные модули; б) залп из девяти стволов, распыл 180 кг порошка создал газопорошковый вихрь, потушил очаг на дальности 150 м, прошел до 220 м, площадь тушения до 850 м²; в) линия ММ-9, ММ-20, ММ-30 – ствольных модулей, серия залпов по 9–10 стволов, тушение до 150–200 м

Использование мощных вихрей с широкими фронтами по всей ширине самолета может обеспечить не только тушение, но и мягкое, не разрушающее, мощное торможение самолёта. Серия вихрей и шквалов последовательными залпами потушит пламя на движущемся самолёте, предотвратит его взрыв и сократит тормозной путь.

Стационарный мощный ММ-9 (китайский вариант) залпом всех стволов выбрасывает 180 кг огнетушащего порошка за 0,05–0,1 сек. со скоростью 110–130 м/сек. Симметрично оси траектории полета достигается эффективное тушение на площади от 500 до 1 000 м². ММ-25 (украинский вариант) распыляет залпами из 8–9 стволов по 120–135 кг порошка до 70 м с эффективным тушением площади до 550 м². Три залпа без перезарядки ММ-25 в сумме тушат до 1 700 м² и при интервалах между залпами до 3 сек. площадь тушения возрастает до 2 500 м². Китайские модули, стреляющие по 9–10 стволов в залпе ММ-9, ММ-20, ММ-30, тушат хорошо разгоревшийся модельный очаг размером 10 м по фронту, 3 м в высоту, 2 м в глубину с дистанции 100 м за 1 сек. [9].

Описанные ММ-9 производства военно-ремонтных заводов в г. Киеве, Балаклее Украинской ССР длительно и эффективно использовались в зоне Чернобыльской аварии, на нефтегазовых, химических заводах, резервуарных и газгольдерных парках, арсеналах боеприпасов, тушении газовых и нефтяных высокодебитных скважин на суше и морских платформах, разливов дизтоплива, бензина, в том числе авиационного при полигонных экспериментах на резервной ВПП в аэропорту Борисполь, на полигонных стартах ракет. На сегодняшний день вполне возможно за один – два месяца создать эффективные стационарные, масштабно и быстро тушащие разливы авиатоплива системы ММ.

По договору с заказчиком возможно на основании имеющихся экспериментальных данных предоставить техническое задание на разработку современной конструкторско-технологической документации на комплекс новой уникальной техники для тушения самолёта на ВПП. Автоматическая система пожаротушения (АСП) тушит горящий самолёт с момента приземления до остановки, а ПАА с ММ после остановки. В АСП исполнительная часть состоит из стационарных ММ, регулярно размещённых вдоль ВПП с одной или обеих сторон.

Комплекс состоит из:

1. Управляемой компьютером АСП с исполнительными подсистемами из стационарных ММ, расставленных вдоль ВПП с одинаковыми интервалами с одной или обеих сторон.

2. ПАА с ММ для тушения остановившегося на ВПП горящего самолёта и разлива авиатоплива вокруг него.

3. Шасси вездехода или танка с ММ вертикальным и горизонтальным наведением для тушения самолёта за пределами ВПП и разлива авиатоплива вокруг.

4. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) с безоткатным ММ прицельного распыла, гибко регулируемого по дальности распыла и площади накрытия фронтом горящего самолёта, совершившего посадку вдали от аэропорта.

Система длиной 4 000 м состоит из автоматической управляемой компьютером системы из 80 автономных модулей ММ-9. ММ срабатывают по сигналу с дистанционного пульта из диспетчерской вышки с пунктом центрального управления аэродрома. Стоимость ММ-9 не менее \$ 20 000 с электронным блоком управления, стоимость строительства позиции для каждого модуля – до \$ 10 000. Стоимость блока автоматического управления \$ 120 000 + пуско-наладка всей исполнительной системы и блока управления \$ 200 000. Всего стоимость исполнительной системы модулей: \$ 20 000 x 80 ММ-9 = \$ 1 600 000, стоимость строительства позиций: \$ 10 000 x 80 = \$ 800 000. Общая стоимость исполнительной подсистемы ММ-9, монтажа управляющего блока и пуско-наладки: \$ 1 600 000 + \$ 800 000 + \$ 120 000 + \$ 200 000 = \$ 2 720 000.

Для тушения остановившегося в конце тормозного пути аварийно горящего самолёта и разлива топлива вокруг предлагаются два ПАА типа «Сюзана» с башенным ММ-90 (15 стволов x 6 рядов по вертикали). Стоимость одной ПАА-Сюзана-ММ-90 = \$ 1 200 000. Для тушения горящего самолёта за пределами ВПП на территории аэропорта или близко от его границы, где нет асфальтированных или бетонированных дорог, предлагается использовать три гусеничных бронированных пожарных машины «Импульс-3М» стоимостью по \$ 750 000, итого \$ 2 100 000 и распылительные боеприпасы, комплект из 10 000 штук будет стоить до \$ 100. Необходимо отметить, что в аэропортах девятой категории вдоль ВПП длиной 4 км должны быть расположены три пожарных части, в каждой по два ПАА.

Для тушения аварийно приземлившегося самолёта в радиусе до 100 км от аэродрома предлагается сразу при подаче сигнала тревоги аварии на самолёте, идущем на посадку в аэропорт, поднять в воздух кластер из 10 БПЛА с прицельно сбрасываемыми контейнерами калибром 50, 100 и 200 кг, подрываемыми на заданной высоте над горящим самолётом и разливом авиатоплива. В этом случае кластер пожарных БПЛА сможет вовремя прибыть на место аварийной посадки и обеспечить тушение пожара самолёта и разлива вокруг него, что увеличит вероятность спасения пассажиров. Стоимость одного БПЛА грузоподъёмностью до 300 кг составляет не более \$ 150 000, а авиационного пожарного контейнера – до \$ 500. Стоимость кластера из 10 БПЛА и 1 000 авиаконтейнеров составит не более \$ 2–3 млн.

Общие минимальные расходы на новую технику составят \$ 10 370 000. Это вполне приемлемая цена, которая составляет 25–30 % от средней величины убытков от одной аварии в зависимости от количества выплат семьям погибших.

Общая стоимость комплекса новой техники для ВПП составит 10–12 млн евро. Это всего лишь 3–4 % убытков от одной аварии. Учитывая такое соотношение, вполне

приемлемы варианты изготовления более дорогих и совершенных образцов техники импульсного распыления. Трех–пятикратное удорожание комплекса защиты ВПП оставляет его недорогим и выгодным по сравнению с убытками от авиационных аварий. Для значительного снижения и прекращения массовой гибели пассажиров и экипажа при авиапроисшествиях нет других столь же перспективных и эффективных путей решения проблемы, а главное хорошо опробованных на полигонах.

ПАА-ММ впервые могут распылять широкий диапазон ОС растворов пенообразователей, гелей, порошков и природных вод из любых источников без предварительной фильтрации. Это обеспечивает уникальное преимущество – непрерывное тушение, независимо от подвоза огнетушащих составов. ПАА-ММ способен серией последовательных залпов из групп стволов, снаряженных различными ОС, обеспечить комбинированное тушение и в широком диапазоне параметров регулировать за секунды от залпа к залпу динамические параметры воздействия – скорость, мощность и ширину фронта, а соответственно, дальность и масштаб тушения.

Область применения ПАА-ММ:

- тушение пожаров классов А, В, С, D, F в широком диапазоне масштабов, мощности и времени развития;
- предотвращение объемных взрывов: газоздушных, паровоздушных, аэрозоль-воздушных, пылевоздушных облаков в помещениях и на открытом пространстве в районе разлива авиатоплива при аварийном приземлении, движении и остановке самолета;
- осаждение и нейтрализация токсичных выбросов и облаков в помещениях и на открытом воздухе;
- локализация радиоактивной пыли на различных поверхностях и пылевых облаков в помещениях и на открытом воздухе;
- локализация и нейтрализация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водоемах и на земле, включая «нефтегрязь», образованную после впитывания нефти и нефтепродуктов в почву.

Заключение

Таким образом, благодаря комплектованию ПАА многоствольными модулями, создающими газочапельные шквалы и газопорошковые вихри, обеспечивается быстрое тушение горящих разливов авиатоплива и самолета впервые за 2–3 мин, как требуют современные нормы ИКАО. В этом состоит одно из ключевых преимуществ ПАА-ММ по сравнению с традиционными пожарными автоцистернами, оборудованными мощными насосами и лафетными стволами, не способными создать необходимую скорость тушения пожара в случае аварийного приземления самолета.

Стоимость комплекса новой пожарной техники не превышает стоимости современной традиционной пожарной техники, применяющейся в аэропортах, при том, что новый комплекс техники многократно превышает вероятность сбережения жизни пассажиров и экипажа аварийно приземляющихся самолетов. Работа таких комплексов на ВПП любого аэропорта позволит ему многократно повысить прибыль из-за увеличения числа авиакомпаний, желающих пользоваться им. Исходные данные и проект технического задания опытно-конструкторской разработки ПАА-ММ на специальных шасси лежат в результатах НИОКР по созданию гусеничной пожарной машины «Импульс-3М».

Список источников

1. Захматов В.Д., Чернышов М.В., Щербак Н.В. О возможности использования новой пожарной техники для качественно новой крупномасштабной дезинфекции // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29. № 4. С 34–44.

2. О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 3 авг. 1996 г. № 924. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Захматов В.Д., Щербак Н.В. Многоствольный модуль универсального, залпового распыления: пат. № 2.726.100 RU, приоритет 2019 г.

4. Захматов В.Д., Адаев А.А., Щербак Н.В. Мини-огнетушитель импульсного распыления: пат. № 2.692.272.

5. Импульсный распылитель из штатного боевого и охолощённого оружия с надкалиберной насадкой на стволе оружия для заряжания и распыления выстрелом огнетушащих агентов и природных – воды – при тушении природных пожаров / В.Д. Захматов [и др.]: пат. № 2.776.283.

6. О службе в пожарных организациях: постановление ЦИК и СНК СССР от 3 янв. 1930 г. // Собр. законов СССР. 1930. № 3. Ст. 35.

7. Захматов В.Д., Онов В.А., Турсенев С.А. Способ локализации и ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов: пат. Приоритет 25 июня 2020 г. Решение от 1 июня 2022 г. о выдаче пат. на изобретение на заявку № 2020121628/05 (037104).

8. Захматов В.Д., Онов В.А., Турсенев С.А. Способ локализации и ликвидации последствий розливов нефти и нефтепродуктов: пат. Приоритет 25 июня 2020 г. Решение от 1 июня 2022 г. о выдаче пат. на изобретение на заявку № 2020121628/05 (037104).

9. Захматов В.Д., Чернышов М.В., Булатов В.А. Способ точного, масштабного тушения пожаров стаями беспилотных летательных аппаратов, создающих мульти-шквалы, вихри, смерчи: пат. № 2.780.170 (54).

References

1. Zahmatov V.D., Chernyshov M.V., Shcherbak N.V. O vozmozhnosti ispol'zovaniya novoj pozharnoj tekhniki dlya kachestvenno novoj krupnomasshtabnoj dezinfekcii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2020. T. 29. № 4. S 34–44.

2. O silah i sredstvah edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 3 avg. 1996 g. № 924. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. Zahmatov V.D., Shcherbak N.V. Mnogostvol'nyj modul' universal'nogo, zalpovogo raspyleniya: pat. № 2.726.100 RU, prioritet 2019 g.

4. Zahmatov V.D., Adaev A.A., Shcherbak N.V. Mini-ognetushitel' impul'snogo raspyleniya: pat. № 2.692.272.

5. Impul'snyj raspylitel' iz shtatnogo boevogo i oholoshchyonnogo oruzhiya s nadkalibernoj nasadkoj na stvole oruzhiya dlya zaryazhaniya i raspyleniya vystrelom ognetushashchih agentov i prirodnyh – vody – pri tushenii prirodnyh pozharov / V.D. Zahmatov [i dr.]: pat. № 2.776.283.

6. O sluzhbe v pozharnyh organizacijah: postanovlenie CIK i SNK SSSR ot 3 yanv. 1930 g. // Sobr. zakonov SSSR. 1930. № 3. St. 35.

7. Zahmatov V.D., Onov V.A., Tursenev S.A. Sposob lokalizacii i likvidacii posledstvij razlivov nefiti i nefteproduktov: pat. Prioritet 25 iyunya 2020 g. Reshenie ot 1 iyunya 2022 g. o vydache pat. na izobretenie na zayavku № 2020121628/05 (037104).

8. Zahmatov V.D., Onov V.A., Tursenev S.A. Sposob lokalizacii i likvidacii posledstvij rozlivov nefiti i nefteproduktov: pat. Prioritet 25 iyunya 2020 g. Reshenie ot 1 iyunya 2022 g. o vydache pat. na izobretenie na zayavku № 2020121628/05 (037104).

9. Zahmatov V.D., Chernyshov M.V., Bulatov V.A. Sposob tochnogo, masshtabnogo tusheniya pozharov stayami bespilotnyh letatel'nyh apparatov, sozdayushchih mul'ti-shkvaly, vihri, smerchi: pat. № 2.780.170 (54).

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 20.10.2022

Принята к публикации: 10.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 20.10.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Информация об авторах:

Захматов Владимир Дмитриевич, старший научный сотрудник отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: zet.pulse@gmail.com

Болокан Валерий Иванович, директор полиграфического центра типографического комплекса Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vi190000@yandex.ru

Панкратова Мария Валентиновна, обучающийся факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149)

Щербак Николай Владимирович, ведущий конструктор ООО «ЗОЛА» (198095, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, д. 19, оф. 301), кандидат технических наук, e-mail: vksys.nikolay@gmail.com

Information about the authors:

Zakhmatov Vladimir D., senior researcher at the department of planning, organization and coordination of scientific research at the center for the organization of research and editorial activities of the the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: zet.pulse@gmail.com

Bolokan Valery I., director of the printing center of the printing complex of the the 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: vi190000@yandex.ru

Pankratova Maria V., student of the faculty of training of highly qualified personnel of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149)

Shcherbak Nikolay V., leading designer of LLC «ZOLA» (198095, Saint-Petersburg, Promyshlennaya str., 19, of. 301), candidate of technical sciences, e-mail: vksys.nikolay@gmail.com

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Научная статья

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАМ, УСТОЙЧИВЫХ К ОСОБОМУ МОМЕНТУ, НА ОСНОВЕ ИРАНСКИХ НОРМ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ (СТАНДАРТ № 2800) И СРАВНЕНИЕ С КОДЕКСОМ ЭТИКИ ASCE

✉ Сейеднима Нагиби Иравани.

Исламский университет Азад в Софии, г. Тегеран, Иран.

Самад Дехган.

Строительно-инженерная организация провинции Восточный Азербайджан,
провинция Восточный Азербайджан, Иран

✉ Iravani@iaut.ac.ir

Аннотация. Многие нормы проектирования сейсмостойких зданий учитывают возможные факторы воздействия при обосновании решений для обеспечения устойчивости зданий. В данной статье рассчитываются коэффициенты сейсмической нагрузки для железобетонных рам, устойчивых к изгибающему моменту, на основе динамического анализа данных реальных землетрясений. Основными анализируемыми в исследовании факторами сейсмического поведения являются: фактор поведения здания при землетрясении, фактор усиления смещения и фактор сверхпрочности. Кроме того, данные факторы сравниваются с соответствующими значениями, указанными в Этическом кодексе ASCE (американского общества инженеров-строителей). Чтобы изучить данные факторы, были смоделированы четыре различных здания в системе ETABS в соответствии с Иранскими сейсмическими нормами (стандарт № 2800) с использованием метода анализа спектра отклика.

Ключевые слова: факторы сейсмического поведения, железобетонные рамы с особым сопротивлением изгибающему моменту, сейсмические нормы Ирана (стандарт № 2800), пластичность, коэффициент усиления смещения

Для цитирования: Сейеднима Нагиби Иравани, Самад Дехган. Исследование факторов сейсмического поведения железобетонных рам, устойчивых к особому моменту, на основе иранских норм сейсмостойкости (стандарт № 2800) и сравнение с Кодексом этики ASCE // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 36–42.

INVESTIGATION OF SEISMIC BEHAVIOR FACTORS FOR REINFORCED CONCRETE SPECIAL MOMENT-RESISTING FRAMES BASED ON IRANIAN SEISMIC CODE (STANDARD № 2800) AND COMPARISON WITH ASCE CODE OF ETHICS

✉ Seyednima Naghibi Iravani.

Islamic Azad university of Sofian, Tehran, Iran.

Samad Dehghan.

Construction engineering organization of East Azerbaijan province, province of East Azerbaijan, Iran

✉ Iravani@iaut.ac.ir

Abstract. Many seismic design codes utilize behavior factors to reduce the level of elastic force to the desired force level in the design. This paper calculates seismic design factors for reinforced concrete moment-resisting frames using responses obtained from dynamic analyses using scaled real earthquake records. The main factors studied herein are the response behavior factor, displacement amplification factor, and overstrength factor. Besides, the abovementioned factors are compared with their corresponding values listed in the ASCE Code of ethics. To examine the above factors, four different buildings in ETABS were modeled according to the Iranian seismic code (standard № 2800) using the response spectrum method.

Keywords: seismic behavior factors, reinforced concrete special moment-resisting frames, Iranian seismic code (standard № 2800), ductility, displacement amplification factor

For citation: Seyednima Naghibi Iravani, Samad Dehghan. Investigation of seismic behavior factors for reinforced concrete special moment-resisting frames based on Iranian seismic code (standard № 2800) and comparison with ASCE Code of ethics // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 36–42.

Introduction

Building high-rise buildings and towers has received special attention since the beginning of human civilization. Such structures were first built for defensive purposes and then for commercial and residential uses as human societies grew and developed since the 1980s. An important problem in the design and construction of high-rise buildings is retrofitting and maintaining the stability of structures against lateral forces, especially lateral seismic forces [1–7]. Along with the gradual increase in knowledge about the behavior of materials when exposed to applied forces, the economic dimension was also considered in structural design. To this end, today's designs use post-structural collapse deformation as an energy dissipator, allowing the material to enter the plastic zone, requiring the selection of the correct seismic design factors [8–11]. Design factors are introduced in the codes of different countries. This paper examines the factors of high- or special-ductility reinforced concrete moment-resisting frames.

Damage to reinforced concrete (RC) buildings

An earthquake causes damage in various forms. The study of damage is the first and best way to explore the impact of earthquakes on society from various angles. The study of damage to buildings reveals computational and operational weaknesses, acting as a model for correcting the procedures used in seismic design codes. A good seismic design or seismic retrofitting of building structures requires a proper understanding of structural behavior under seismic loads [12, 13]. In this regard, it is highly beneficial to study the damage done to buildings.

Factors affecting damage

Among the most important factors affecting earthquake-induced damage are the tectonic characteristics of the area, seismic characteristics, and the quantity and quality of buildings. Moreover, the type of local soil, the type of local faults and their position relative to the site, duration of ground shaking, frequency content, peak ground acceleration (PGA), vibration amplitude, and energy released are among the factors affecting building damage.

Structural damage to buildings

Damage caused by the general weakness of the collection

Damage caused by improper general design

Damage caused by the effect of neighboring buildings

Damage caused by the effect of local soil

Damage caused by weak structural members

Local building weaknesses do not always cause local damage but sometimes lead to complete building collapses. Philosophy of design requires that the building suffer severe structural damage and remain stable under a strong earthquake. However, this note does not mean that local weaknesses and the damage caused by them are ignored.

Ductility of RC buildings

Since severe earthquake periods in any region are infeasible without possible calculations, and the behavior of buildings at the time of an earthquake is affected by many factors that cannot be quantified at this time, the economic aspects of earthquake design are considered not only based on strength but also ductility. Ductility is crucial, especially for RC buildings. If a reinforced concrete building is not designed to be ductile, it is not expected to be able to withstand severe earthquakes and will be destroyed in a fragile manner.

Modeling

Problem description

Reinforced concrete special moment-resisting frames are utilized in important, and high-rise buildings and are therefore of special importance. Factors for such frames must be properly selected to ensure ductility in the event of an earthquake. Such frames easily enter the plastic zone. Therefore, according to the Code, measures must be considered to prevent structural failure when the elements enter the plastic zone.

This thesis explores the seismic parameters of concrete structures with reinforced concrete moment-resisting frame systems. For this purpose, four 12-, 16-, 20- and 24-story concrete structures are modeled in ETABS, and the results of analyzing seismic parameters are compared.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Operational performance level	T ≤ 0.1		T ≥ Ts	
	frame 1	frame 2	frame 1	frame 2
Immediate occupancy	1.0	1.0	1.0	1.0
Life safety	1.3	1.0	1.1	1.0
Collapse prevention	1.5	1.0	1.2	1.0

Other buildings	Yield buildings*		№ of stories
Every type of load distribution	Uniform load distribution	Type-I distribution based on paragraph (3-1-3-3)	
1.0	1.0	1.0	1
1.2	1.15	1.2	2
1.3	1.2	1.2	3
1.4	1.2	1.3	5
1.5	1.2	1.3	≥ 10

The frames are designed according to the American concrete institute (ACI) 2008. Additionally, design loads are considered as dead and live gravity loads and lateral seismic force. Gravity loading of frames is performed according to National building regulations, Chapter Six. The live load applied to the structure is 200 kg force (daN)/m², while the dead load applied to the structure is 700 kg force (daN)/m². It should also be noted that stories and the roof have the same gravity loads.

The strength of concrete used is 28 kg/cm^2 . Longitudinal AIII-grade steel reinforcements with a minimum yield strength of 4000 kg/m^2 and special-ductility moment-resisting frames are used. According to the Iranian seismic code (standard № 2800), the behavior factor of this building frame system is 7.5. Likewise, the building importance factor is 1 ($I=1$). According to the Iranian seismic code (standard № 2800), the type-II ground is considered in analyzing such structures. Static and dynamic base shear values are calculated based on the relationships introduced in the Iranian seismic code (standard № 2800). Rectangular sections are used for beams, while square sections are used for columns.

Results

Seismic factors selected by the designer at the beginning of the design process, taking into account all the terms of the code, are of particular importance. As structural ductility increases, nonlinear behavior increases, and consequently, the seismic force decreases. These factors are defined differently in the codes of each region according to the seismicity conditions and the material utilized. This paper compares the results of the design software, and the conditions and factors suggested in the code.

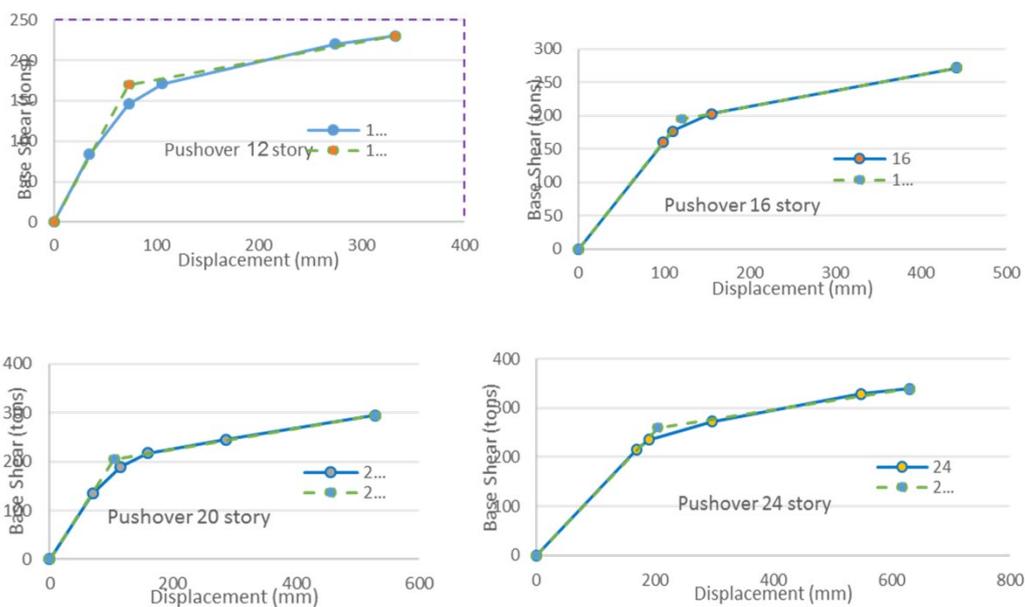
Element design results

The elements were designed using the factors introduced in National building regulations, Chapter 9. In these structures, square columns and rectangular beams are used.

Beam dimensions (cm)	Column dimensions (cm)		№ of stories
45–60	60	45	12
45–60	65	45	16
45–60	70	45	20
45–70	75	45	24

Nonlinear analysis results

Examination of the linear section of the graph shows that structural stiffness decreases with increasing the number of stories; that is, if displacement is considered as a certain value, the amount of force applied to the structure that pushes it to that value will be less.



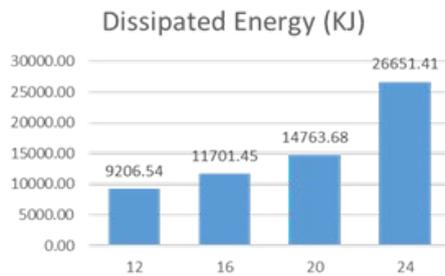
Yield point

The first key parameter in the nonlinear static analysis curve is the yield force of the first element specified by the first cusp in the graph. This point is important in many ways. As shown in the figure, the yield force increases with increasing the number of stories, which may be due to the increase in beam dimensions to counter lateral displacement.



Dissipated energy

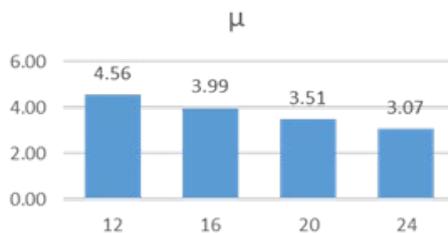
The area under the pushover curve represents energy dissipated by the structure. Accordingly, the larger the area under the pushover curve, the more the structure will be able to absorb and dissipate energy.



Ductility

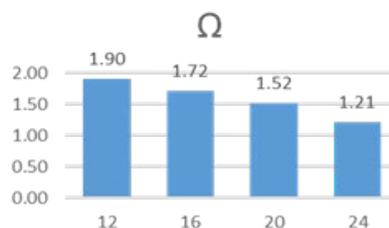
For structures and reinforced concrete members, ductility refers to the ability to carry significant non-elastic deformations prior to member destruction. A ductile member must be able to sufficiently withstand large non-elastic deformations without significantly reducing its strength in the first place, and secondly, be able to absorb and consume significant amounts of seismic energy through sustainable behavioral cycles.

The figure shows that ductility decreases as the number of stories increases, thereby increasing the need to provide ductility in high-rise structures.



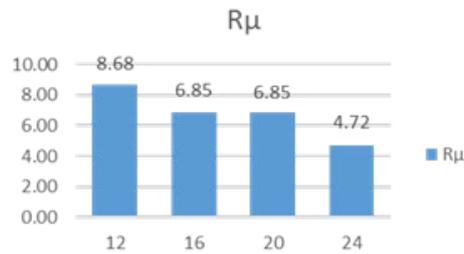
Overstrength factor

This parameter determines how much force should be applied to the overall yield of the structure after the first element has yielded.



Ductility (Newmark-Hall method)

The behavior factor of a structure is one of the parameters of structural design systems that directly affect the seismic factor.



Conclusions

This paper investigated the seismic design factors of special moment-resisting or high-ductility moment-resisting frames using nonlinear static analyses. Then, the results were compared with the Iranian seismic code (standard № 2800). The results indicated that the factors introduced in the code were selected conservatively. As shown in the figures above, the amount of force applied to yield the first element naturally increases as the number of stories increases. It was also found that the load-bearing capacity of the elements increases, and they flow later (absorb more energy) as the number of stories increases. In addition, it was shown that ductility decreases (the distance between yield and failure decreases) as the number of stories increases. Similarly, the overstrength factor decreased.

For future research, the following topics are suggested:

1. Investigation of seismic performance of special braced frames.
2. Investigation of seismic performance of reinforced concrete special moment-resisting frames under near- and far-fault records.

References

1. Hernandez-Montes E., Kwon O.S., Aschheim M.A. An energy-based formulation for first-and multiple-mode nonlinear static (Pushover) analyses // *Journal of Earthquake Engineering*. 2004. Vol. 8. P. 69–88.
2. Goel R.K., Chopra A.K. Extension of modal pushover analysis to compute member forces // *Earthquake Spectra*. 2005. Vol. 21. Iss. 1. P. 125–139.
3. Kunnath S.K. Identification of modal combination for nonlinear static analysis of building structures // *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2004. Vol. 19. P. 246–259.
4. Kalkan E., Kunnath S.K. Method of modal combinations for pushover analysis of buildings // 13th WCEE. 2004. Paper № 2713.
5. Poursha M., Khoshnoudian F., Moghadam A.S. A consecutive modal pushover procedure for estimating the seismic demands of tall buildings // *Engineering Structures*. 2009. Vol. 31. P. 591–599.
6. Gupta B., Kunnath S.K. Adaptive spectra-based pushover procedure for seismic evaluation of Structures // *Earthquake Spectra*. 2000. Vol. 16 (2). P. 367–391.
7. Papanikolaou V., Elnashai A.S., Pareja J. Limits of applicability of conventional and adaptive pushover analysis for seismic response assessment // *Mid-America Earthquake Center*. 2005.
8. Kalkan E., Kunnath S.K. Adaptive Modal Combination Procedure for Nonlinear Static Analysis of Building Structures // *J. Earthquake Eng.* 2006. Vol. 132 (11). P. 1721–1731.
9. De Stefano M., Pintucchi B. A review of research on seismic behaviour of irregular building structures since 2002 // *Bull Earthquake Eng* 2008. Vol. 6. P. 285–308.

10. Tso WK, Myslimaj B. A yield displacement distribution-based approach for strength assignment to lateral force-resisting elements having strength dependent stiffness // Earthq Eng Struct Dyn. 2003. Vol. 32. P. 2319–2351.

11. Aziminejad A., Moghadam A.S. Performance of Asymmetric Multistory Shear Buildings with Different Strength Distributions // Journal of Applied Science. 2009. Vol. 9 (6). P. 1082–1089.

12. Trombetti TL, Conte J.P. New insight into a simplified approach to seismic analysis of torsionally coupled one-story, elastic systems // Journal of Sound Vibration. 2005. Vol. 286. P. 265–312.

13. Andrea L., Giorgio Monti, Sashi K. Seismic behavior of single-story asymmetric-plan buildings under uniaxial excitation // Earthquake Engng Struct. Dyn. 2009. Vol. 38. P. 1053–1070.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 20.10.2022

Принята к публикации: 10.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 20.10.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Информация об авторах:

Иравани Сейеднима Нагиби, магистр в области строительства Исламского университета Азад (Иран, г. Тегеран, Пасдаран пр., д. 9), e-mail: Iravani@iaut.ac.ir

Дехган Самад, директор отдела образования Строительно-инженерной организации провинции Восточный Азербайджан (5156935649, Иран, провинция Восточный Азербайджан, Тебриз, бульвар Осад Шахрияр)

Information about the authors:

Iravani Seyednima Nagibin, master in construction, Islamic Azad university (Iran, Tehran, Pasdaran ave., 9), e-mail: Iravani@iaut.ac.ir

Dehgan Samad, director of the education department of the Construction and engineering organization of the province of East Azerbaijan (5156935649, Iran, province of East Azerbaijan, Tabriz, Shahryar blvd.)

Научная статья

УДК 614.846.6

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ РЕМОНТНОГО ОРГАНА МЧС РОССИИ

✉ **Иванов Андрей Владимирович;**

Дагирова Диана Ильмутдиновна;

Абдуллаева Юлия Сергеевна.

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

✉ **andrei-ivanov84@mail.ru**

Аннотация. В современной динамично развивающейся России происходит постоянное увеличение аварий и катастроф, своевременное реагирование подразделений МЧС России на которые способствует уменьшению количества жертв и материального ущерба. Одним из основных элементов своевременного реагирования подразделений является исправность пожарной и аварийно-спасательной техники.

При этом еще острее встают проблемы организации технического обслуживания и ремонта этих автомобилей, ввиду усложнения их конструкций, увеличения перечня узлов и специальных агрегатов, применяемых в надстройках.

В работе рассмотрены системы технического обслуживания и ремонта пожарной и аварийно-спасательной техники, находящейся на вооружении подразделений МЧС России. Выявлены их основные недостатки и достоинства. Рассмотрена методика оценки производственной программы ремонтного органа МЧС России.

Ключевые слова: пожарная и аварийно-спасательная техника, техническое обслуживание, ремонт, ремонтный орган, производственная программа

Для цитирования: Иванов А.В., Дагирова Д.И., Абдуллаева Ю.С. Методика оценки производственной программы ремонтного органа МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 43–51.

METHODOLOGY OF EVALUATION OF THE PRODUCTION PROGRAM OF THE REPAIR BODY OF EMERCOM OF RUSSIA

✉ **Ivanov Andrey V.;**

Dagirova Diana I.;

Abdullayeva Yulia S.

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

✉ **andrei-ivanov84@mail.ru**

Abstract. In modern and dynamically developing Russia, there is a constant increase in accidents and catastrophes, the timely response of the units of EMERCOM of Russia to which contributes to reducing the number of victims and material damage. One of the main elements of the timely response of the units is the serviceability of fire and rescue equipment.

At the same time, the problems of organizing maintenance and repair of these cars are even more acute, due to the complexity of their designs, an increase in the list of components and special units used in superstructures.

The paper considers the systems of maintenance and repair of fire and rescue equipment in service with the units of EMERCOM of Russia. Their main disadvantages and advantages are revealed. The methodology of evaluation of the production program of the repair body of EMERCOM of Russia is considered.

Keywords: fire and rescue equipment, maintenance, repair, repair body, production program

For citation: Ivanov A.V., Dagirova D.I., Abdullayeva Yu.S. Methodology of evaluation of the production program of the repair body of EMERCOM of Russia // Prirodnye i tekhnogennyye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 43–51.

Введение

Автомобильная техника, укомплектованная подразделениями МЧС России, должна обладать такими тактико-техническими характеристиками, свойствами, а также состоянием, которые обеспечивают ее применение в оперативных и боевых мероприятиях по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ (ТП и ПАСР).

В связи с развитием современного мира, а так же благодаря регулярным разработкам в области пожарной и аварийно-спасательной техники (ПА), конструктивные особенности автомобилей стали намного сложнее. Это выражено насыщением данной техники электронными, гидравлическими и пневматическими системами.

Нарушение работы одной из систем влечет неисправность техники, которая может стоить жизни людям, а так же привести к большому материальному ущербу. Именно поэтому технически исправному состоянию ПА необходимо уделять пристальное внимание. Для реализации мероприятий по поддержанию ее в готовности к применению разработаны и применяются две системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) автомобилей [1] (рис. 1).



Рис. 1. Системы технического обслуживания и ремонта

В МЧС России применяется планово-предупредительная система ТОиР. Основные положения этой системы описаны в источниках [2, 3]. Проведение мероприятий поддержания технически исправного состояния ПА при данной системе осуществляется в соответствии с разработанными ранее планами (ПТО), учитывающими нормы наработки [4]. Согласно источнику [2] выделяют следующие виды технического обслуживания:

- ежедневное техническое обслуживание (ЕТО);
- номерное техническое обслуживание (ТО-1, ТО-2);
- техническое обслуживание при ТП и ПАСР, единое техническое обслуживание (ЕО);
- сезонное техническое обслуживание (СО).

При этом ТО-2 и СО, как правило, проводятся в ремонтных органах МЧС России. В случае необходимости восстановления ресурса, проводится ремонт (текущий, средний или капитальный) агрегатов или ПА в целом [4].

Нормативными документами [2, 4] в МЧС России регламентированы периодичность, трудоемкость и нормы пробега ПА, при этом не учитывается их реальное техническое состояние.

Стоит обратить внимание, что в последнее время укомплектование подразделений ФПС МЧС России происходит современными образцами ПА, нормы наработки базовых шасси которых гораздо больше, чем указано в источнике [4]. Например, техническое обслуживание базового шасси АЦ-(С)-8,0-70/100 (IVECO АМТ 6339) – 48ВР (АЦ Север) необходимо проводить после 40 тыс. км пробега [5–7].

В связи с этим проведение согласно ПТО некоторых операций по обслуживанию и ремонту таких ПА нецелесообразно, поскольку предельное состояние их агрегатов не наступило.

В то же время необходимо обращать пристальное внимание на качество проведения ЕТО, которое направлено на своевременное выявление неисправностей, а также контроль основных систем, влияющих на безопасность эксплуатации ПА. Данные мероприятия помогут существенно снизить затраты на проведение их текущего и капитального ремонтов.

Планово-предупредительная система ТОиР при всех ее недостатках все-таки позволяет наиболее тщательно контролировать технически исправное состояние ПА в процессе их эксплуатации [2]. На рис. 2 представлена типовая организация ТОиР автомобилей [8].

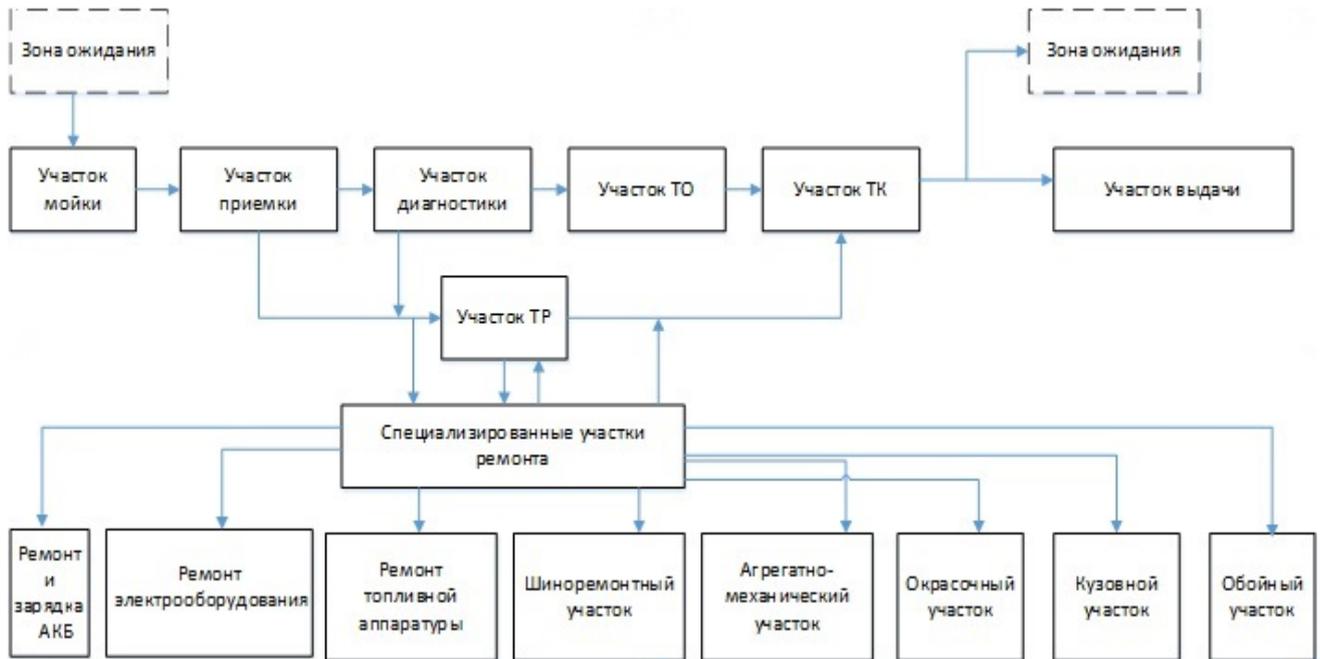


Рис. 2. Типовая организация ТОиР [8]

Цель системы ТОиР по фактическому состоянию такая же, как и у планово-предупредительной. Однако периодическая диагностика технического состояния транспортного средства, направленная на определение необходимости в проведении ТОиР того или иного агрегата или ПА в целом, является основой данной системы

При диагностировании принимают во внимание следующее:

- указание существующих неисправностей водителем, эксплуатирующим ПА;
- необходимость проведения работ в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

Для определения необходимого комплекса ремонтно-профилактических работ в ремонтном органе МЧС России необходимо проведение комплексной диагностики поступающих на обслуживание и ремонт ПА, ввиду их различного технического состояния. На рис. 3 представлена последовательность оценки технического состояния ПА при системе ТОиР по техническому состоянию [1].

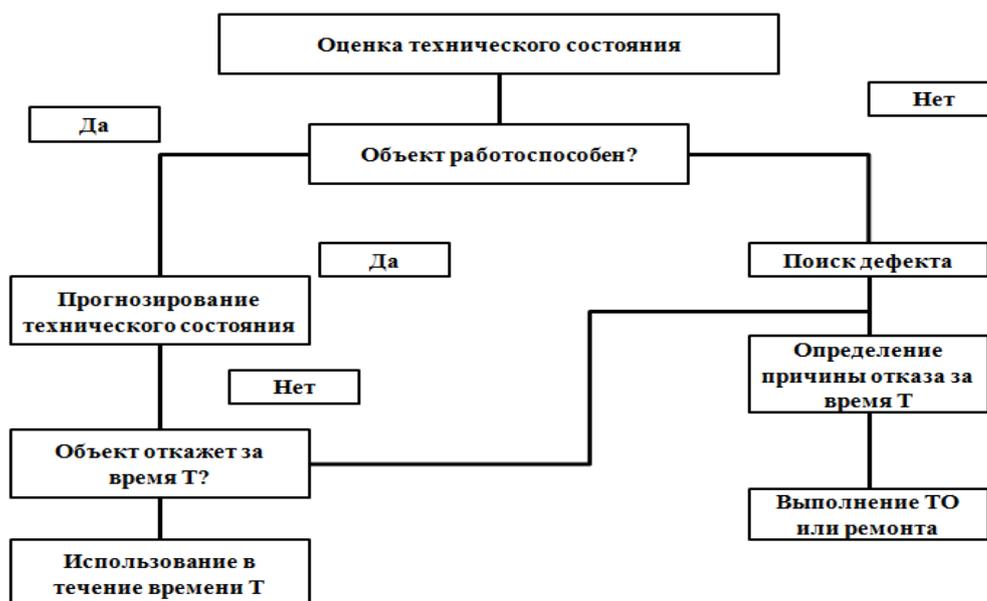


Рис. 3. Последовательность оценки технического состояния ТС

Преимущества и недостатки каждой из систем ТОиР представлены в таблице.

Таблица. Преимущества и недостатки каждой из систем ТОиР

Наименование системы	Преимущества	Недостатки
Планово-предупредительная система	Строгое соответствие регламенту, возможность прогнозировать объем работ на длительный срок	Не учитывает фактического технического состояния, недоиспользование ресурса деталей
Система по фактическому состоянию	Увеличение продолжительности использования узлов и агрегатов, прогнозирование остаточной наработки	Возможна высокая нагрузка на зону ремонта в связи с вероятностью отказа сразу нескольких механизмов. Высокие затраты на диагностику

С целью оптимизации производственных процессов и выбора системы ТОиР в ремонтных органах МЧС России необходимо проводить оценки производственных программ с учетом типов и марок обслуживаемой ПА [9, 10].

Методика оценки производственной программы ремонтного органа МЧС России

Показатель, характеризующий грамотный и тщательный подход деятельности ремонтного учреждения, специализирующегося на ремонте и обслуживании техники, принято называть «объемом производства», на основании проведенного анализа выполнения производственной программы.

В процессе анализа необходимо:

- оценить достигнутый уровень показателей производства ремонтного органа МЧС России;
- определить степень и факторы, влияющие на выполнение производственного плана, в сравнении с аналогичным периодом прошедшего периода и производственного плана;

– рассчитать процент выполнения производственного плана и определить абсолютное и относительное отклонение от плановых значений базисного темпа роста объема производственной деятельности ремонтного учреждения.

Базисный темп роста объема производства определяется относительно базисного периода по формуле:

$$T_o = V_i \div V_o \times 100 (\%),$$

где T_o – показатель выполнения плана работ по объему; V_i – показатель выполнения объема работ по факту (чел.-час); V_o – запланированный объем производственных работ, утвержденный соответствующей производственной программой (чел.-час).

Анализ производственной деятельности ремонтного органа МЧС России предлагается провести по ряду направлений, при этом в процессе работы периодичность и формы анализа могут меняться и дорабатываться в зависимости от конкретного производственного процесса.

Базовой частью аналитической работы производства ремонтных учреждений предлагается проведение:

– анализа объема производственных работ по маркам и типам техники за отчетный период;

– анализа производительности труда на основании утвержденного производственного плана за отчетный период;

– анализа использования трудовых ресурсов за отчетный период.

Обеспечение постоянной готовности пожарной и спасательной техники подразделений гарнизонов ФПС МЧС России является связующим звеном между ремонтным органом МЧС России и подразделениями ФПС МЧС России [11, 12]. От качества и сроков выполненной работы зависит объем производства работ, осуществляемых в процессе ремонта и обслуживания техники.

Объем выполненных работ в производственной программе определяется как плановая суммарная на год трудоемкость выполнения работ (чел.-час).

Анализ объема производственных работ по маркам и типам техники за отчетный период следует осуществлять с учетом полученных показателей, которые, в свою очередь, характеризуют качество проведения ремонтных процессов и обслуживания техники. При этом следует учитывать число рекламаций и возвратов техники после завершения их обслуживания и ремонта в ремонтном органе МЧС России, а так же участие закрепленного за данной техникой водительского состава в данных работах. Анализ необходимо проводить каждый месяц, квартал, полугодие, год на основании сводных данных объема производства по типам и маркам пожарной техники (V_{Π}) по формуле:

$$V_{\Pi} = \left(\frac{V_{\Pi.ТО-2} \times K \times K_k}{V_{\Pi.П.ТО-2}} + \frac{V_{\Pi.ТР} \times K_k}{V_{\Pi.П.ТР}} + \frac{V_{\Pi.СР} \times K_k}{V_{\Pi.П.СР}} + \frac{V_{\Pi.КР} \times K_k}{V_{\Pi.П.КР}} \right) \times 100,$$

где V_{Π} – общий объем производства работ по типам и маркам пожарной техники, %; $V_{\Pi.ТО-2}$ – общий объем выполненных работ технического обслуживания № 2 по типам и маркам пожарной техники; $V_{\Pi.ТР}$ – общий объем выполненных работ текущего ремонта по типам и маркам пожарной техники; $V_{\Pi.СР}$ – общий объем выполненных работ среднего ремонта по типам и маркам пожарной техники; $V_{\Pi.КР}$ – общий объем выполненных работ капитального ремонта по типам и маркам пожарной техники; $V_{\Pi.П.ТО-2}$ – общий объем запланированных работ технического обслуживания № 2 по типам и маркам пожарной техники, запланированный по производственному плану; $V_{\Pi.П.ТР}$ – общий объем запланированных работ текущего ремонта по типам и маркам пожарной техники, запланированный по производственному плану; $V_{\Pi.П.СР}$ – общий объем запланированных работ среднего ремонта по типам и маркам пожарной техники, запланированный

по производственному плану; $V_{П.П.КР}$ – общий объем запланированных работ капитального ремонта по типам и маркам пожарной техники, запланированный по производственному плану; K – случаи участия водителей структурных подразделений в выполнении работ, связанных с ТО-2 (применяется коэффициент $K=0,85$); K_K – случаи возврата техники, отремонтированной в ремонтном органе, для проведения работ по устранению технических недоработок, связанных с некачественным выполнением работы в объеме: менее 50 % от общего производства (применяется коэффициент $K_K=0,95$); более 50 % (применяется коэффициент $K_K=0,85$); при отсутствии возвратов и рекламаций (применяется коэффициент $K_K=1$).

Анализ объема производства работ позволит оценить и указать на возможные недостатки при подготовке к процессу планирования технических работ, а также окажет практическую помощь руководящему составу ремонтного учреждения в руководстве трудовой дисциплиной подчиненного личного состава, тем самым усовершенствует способность руководителя и непосредственных исполнителей в организации выполнять плановые показатели.

Анализ объема производства работ по типам и маркам машин за отчетный период тесно связан с анализом производительности труда на основании утвержденного производственного плана за отчетный период.

В ходе проведения анализа учитывается использование рабочего времени, при этом в обязательном порядке не упускаются возможные потери времени утвержденной производственной программы в связи с отсутствием работника на рабочем месте по уважительным причинам, тем самым определяется возможность роста производительности труда.

Немаловажное значение в процессе анализа производительности труда на основании утвержденного производственного плана за отчетный период имеет процесс творческой активности рабочего персонала ремонтного учреждения МЧС России.

В целях определения и популяризации творческих идей рабочего персонала ремонтных учреждений, руководителями данных учреждений могут быть проведены различные конкурсы с представленными от участников изобретениями и принятыми рацпредложениями.

С учетом объема производства работ по типам и маркам пожарной техники, творческого подхода и активности рабочего персонала, анализ производительности труда на основании утвержденного производственного плана за отчетный период (P) проводится по формуле:

$$P = \left(\frac{\frac{T_{П}}{V_{П.П.ТО-2}}}{\frac{T_{Ф}}{V_{П.ТО-2} \cdot K \cdot K_K \cdot K_P}} + \frac{\frac{T_{П}}{V_{П.П.ТР}}}{\frac{T_{Ф}}{V_{П.ТР} \cdot K \cdot K_K \cdot K_P}} + \frac{\frac{T_{П}}{V_{П.П.СР}}}{\frac{T_{Ф}}{V_{П.СР} \cdot K \cdot K_K \cdot K_P}} + \frac{\frac{T_{П}}{V_{П.П.КР}}}{\frac{T_{Ф}}{V_{П.КР} \cdot K \cdot K_K \cdot K_P}} \right) \times 100,$$

где P – выполнение плана по производительности труда, %; $T_{П}$ – затраты времени на производство работ по плану, часы; $T_{Ф}$ – фактические затраты времени на производство работ, часы; K_P – случаи рационализаторского и творческого подхода работников ремонтного органа к выполняемой работе (принимается коэффициент $K_P=1,05$).

В результате производственной деятельности ремонтного органа МЧС России на динамику выполнения производственной программы влияет степень использования трудовых ресурсов.

Анализ использования трудовых ресурсов за отчетный период будет состоять в том, чтобы наиболее точно оценить выполнение заданий и выявить резервы дальнейшего роста производительности труда и увеличения темпов объема производственной деятельности ремонтного учреждения МЧС России.

В ходе проведения анализа использования трудовых ресурсов следует обратить внимание на соблюдение штатной дисциплины ремонтного органа МЧС России, правильный и грамотный подход к расчету предельной штатной численности ремонтного учреждения.

С учетом данных о количестве участников, задействованных в проведении работ по различным видам обслуживания и ремонта техники, производится расчет использования трудового ресурса ($Ч_{т.р.}$) по формуле:

$$Ч_{т.р.} = \left(\frac{V_{п.ТО-2} \times K \times K_k / Ч}{V_{п.п.ТО-2} / Ч} + \frac{V_{п.ТР} \times K_k / Ч}{V_{п.п.ТР} / Ч} + \frac{V_{п.СР} \times K_k / Ч}{V_{п.п.СР} / Ч} + \frac{V_{п.КР} \times K_k / Ч}{V_{п.п.КР} / Ч} \right) \times 100,$$

где $Ч_{т.р.}$ – использование трудового ресурса, %; $Ч$ – количество производственников, чел.

Так как задачей анализа использования трудовых ресурсов за отчетный период является исследование практического применения рабочего персонала, для достижения цели необходима обеспеченность рабочих мест ремонтных подразделений МЧС России персоналом в требуемом для производства объеме.

Выводы

1. При оценке систем ТОиР автомобилей и особенностей организации ТОиР выявлены и представлены некоторые преимущества и недостатки.
2. Принятая в системе МЧС России планово-предупредительная система ТОиР не в полной мере удовлетворяет требованиям к поддержанию ПА в исправном состоянии.
3. Система обслуживания по фактическому состоянию в настоящее время более распространена, так как направлена именно на диагностирование транспортных средств для выявления неисправностей и определения остаточного ресурса.
4. Представленная методика позволяет провести анализ производственной программы ремонтного органа МЧС России соответствии с требованиями нормативных актов МЧС России и действующего законодательства.

Список источников

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1986.
2. Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 1 окт. 2020 г. № 737. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Васенин А.С., Шумков А.Г. Оценка систем организации ТОиР автомобилей // Молодой ученый. 2016. № 15 (119). С. 160–163.
4. Об утверждении Положения по организации ремонта, нормах наработки до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 25 нояб. 2016 г. № 624. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Предложения по совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей / В.В. Роечко [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. С. 31–35.
6. Алешков М.В. Высокотехнологичные пожарно-спасательные автомобили, разработанные в Академии ГПС МЧС России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 3. С. 7–14.
7. Безбородько М.Д. Исследование технического обслуживания пожарных автомобилей. Отчет. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2005.

8. Яркин А.В., Ишкина Е.Г., Конев В.В. Управление предприятиями по эксплуатации и ремонту автотранспортной и специальной техники: рабочая тетрадь / под ред. Ш.М. Мерданова. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 120 с.

9. Устройство и эксплуатация транспортных средств: учеб. пособие / А.В. Скрипка [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 236 с.

10. Грибков В.М., Карпенкин П.А. Справочник по оборудованию для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. М: Россельхозиздат, 2014. 225 с.

11. 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.

12. Воднев С.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Модель комплексной оценки процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 73–80. EDN YLLCZN.

References

1. Polozhenie o tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. M.: Transport, 1986.

2. Ob utverzhdenii Rukovodstva po organizacii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij: prikaz MCHS Rossii ot 1 okt. 2020 g. № 737. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. Vasenin A.S., Shumkov A.G. Ocenka sistem organizacii TOiR avtomobilej // Molodoj uchenyj. 2016. № 15 (119). S. 160–163.

4. Ob utverzhdenii Polozheniya po organizacii remonta, normah narabotki do remonta i spisaniya tekhniki, vooruzheniya, agregatov, special'nogo oborudovaniya i imushchestva v Ministerstve Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij: prikaz MCHS Rossii ot 25 noyab. 2016 g. № 624. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

5. Predlozheniya po sovershenstvovaniyu sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta pozharnyh avtomobilej / V.V. Roenko [i dr.] // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2017. № 2. S. 31–35.

6. Aleshkov M.V. Vysokotekhnologichnye pozharno-spasatel'nye avtomobili, razrabotannye v Akademii GPS MCHS Rossii // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2017. № 3. S. 7–14.

7. Bezborod'ko M.D. Issledovanie tekhnicheskogo obsluzhivaniya pozharnyh avtomobilej. Otchet. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2005.

8. Yarkin A.V., Ishkina E.G., Konev V.V. Upravlenie predpriyatiyami po ekspluatacii i remontu avtotransportnoj i special'noj tekhniki: rabochaya tetrad' / pod red. Sh.M. Merdanova. Tyumen': TyumGNGU, 2014. 120 s.

9. Ustrojstvo i ekspluaciya transportnyh sredstv: ucheb. posobie / A.V. Skripka [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2015. 236 s.

10. Gribov V.M., Karpenkin P.A. Spravochnik po oborudovaniyu dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i tekushchego remonta avtomobilej. M: Rossel'hozizdat, 2014. 225 s.

11. 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.

12. Vodnev S.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Model' kompleksnoj ocenki processa tekhnicheskogo obespecheniya avarijno-spasatel'nyh sredstv podrazdelenij MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2018. № 2 (46). S. 73–80. EDN YLLCZN.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 16.10.2022

Принята к публикации: 20.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 16.10.2022

Accepted for publication: 20.11.2022

Информация об авторах:

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

Дагирова Диана Ильмутдиновна, обучающийся института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: dagirova@igps.ru

Абдуллаева Юлия Сергеевна, курсант факультета инженерно-технического Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: abdullaevayulia55@gmail.com

Information about the authors:

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

Dagirova Diana I., student of the institute of correspondence and distance learning of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: dagirova@igps.ru

Abdullayeva Yulia S., cadet of the faculty of engineering and technical of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: abdullaevayulia55@gmail.com

Научная статья

УДК 614.84

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОПОДОГРЕВА ГОРОДСКИХ ТРОТУАРОВ

✉ **Виноградов Владимир Николаевич.**

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

Луговой Александр Александрович.

**Санкт-Петербургский юридический институт (филиал) Университета прокуратуры
Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия**

✉ vla4934@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена целесообразность и пожарная опасность электроподогрева городских тротуаров. Проанализировано сообщение вице-губернатора Санкт-Петербурга Анатолия Повелий о реализации проекта по установке греющей сетки под покрытие тротуаров с целью предотвращения обледенения. Показано, что слаботочные системы также могут быть источником возгорания и пожаров. Рассмотрены причины пожаров от электроустановок и электроподогрева полов. Дан анализ пожарной опасности систем электроподогрева тротуаров и сделаны выводы о невозможности применения таких систем в условиях резких перепадов температур окружающей среды и в связи с этим повышения их пожарной опасности. Предложен более простой и безопасный способ подогрева.

Ключевые слова: пожарная опасность, электроустановки, источник зажигания, электрообогрев, пожарная опасность, причина пожара, тротуары

Для цитирования: Виноградов В.Н., Луговой А.А. Пожарная опасность электроподогрева городских тротуаров // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 52–59.

FIRE DANGER OF ELECTRIC HEATING OF CITY SIDEWALKS

✉ **Vinogradov Vladimir N.**

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

Lugovoy Alexander A.

**Saint-Petersburg law institute (branch) University of the prosecutor's office of the Russian Federation,
Saint-Petersburg, Russia**

✉ vla4934@yandex.ru

Abstract. The expediency and fire hazard of electric heating of city sidewalks are considered. The report of the Vice-governor of the city of Saint-Petersburg Anatoly Povaliy on the implementation of a project to install a heating grid under the pavement covering in order to prevent icing is analyzed. It is shown that low-current systems can also be a source of ignition and fires. The causes of fires from electrical installations and electric heating of floors are considered. An analysis of the fire hazard of electric heating systems of sidewalks is given and conclusions are drawn about the impossibility of using such systems in conditions of sudden changes in ambient temperatures and, in this regard, an increase in their fire hazard. A simpler and safer method of heating is proposed.

Keywords: fire hazard, electrical installations, ignition source, electric heating, fire hazard, cause of fire, sidewalks

For citation: Vinogradov V.N., Lugovoy A.A. Fire danger of electric heating of city sidewalks // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 52–59.

Любой производственный процесс имеет свою технологию исполнения. Но каждый процесс в той или иной степени нуждается в анализе пожарной опасности. Это в полной мере относится и к новому предложению по электрообогреву городских тротуаров, с целью их защиты от оледенения в холодный период года в условиях перепада температуры в интервале примерно от + 5 °С до -30 °С.

Известны результаты исследований электрообогрева полов в помещениях домов при плюсовой температуре (примерно +20 °С) [1].

В работе [1] упоминается ряд пожаров, где причиной возгорания являлся именно «теплый пол». Аналогичные выводы о пожарах от «теплого пола» делают Г.В. Плотникова, К.Л. Кузнецов, С.С. Тимофеева, Р.О. Морозов, А.А. Шеков в работе «Теплые полы как причина возникновения пожаров».

В статье рассмотрены теплые полы, где в качестве теплоносителя применяется нагревательный электрический кабель.

«Несмотря на все особенности современных систем «Теплые полы», их автоматизацию и модификацию, они остаются потенциально пожароопасными. Пожары современных отопительных систем «Теплые полы» могут возникнуть как в результате нарушения правил противопожарного режима при несоблюдении требований по эксплуатации отопительных приборов, так и в результате нештатного повышения температуры нагретых пленочных нагревателей, находящихся под напольными покрытиями» [2].

Известно, что электрификация технологических процессов связана с использованием электроустановок и разветвленного электрокабельного хозяйства, в котором возможно возникновение крупных пожаров. Это в полной мере относится и к электронагревательным полам и устройствам по электронагреву пешеходных тротуаров.

Известно, что возгорание в результате теплового проявления электрической энергии может произойти: в случае несоответствия электрооборудования характеру воздействия на него среды; в случае несоблюдения правил устройства и эксплуатации электроустановок; при повреждении электрооборудования, вызываемым механическими причинами, а также действием химически активных веществ, влаги и т.п. Наиболее частой причиной пожаров в электроустановках являются короткие замыкания силового и осветительного электрического оборудования, перегрузка сетей, большие переходные сопротивления, разряд статического электричества. Большинство из этих причин могут иметь место и при эксплуатации систем электроподогрева тротуаров.

Рассмотрим причины пожаров в электроустановках подробнее и попытаемся определить, какие из них могут быть характерны для процессов обогрева пешеходных тротуаров.

Короткое замыкание

Коротким замыканием называется аварийный режим в электроустановках, при котором происходит соединение равнополярных проводников, находящихся под напряжением, через весьма малое сопротивление, не предусмотренное режимом работы электрической цепи, машины или аппарата.

Короткое замыкание (КЗ) возникает по следующим причинам:

- нарушение изоляции токоведущих частей электроустановок;
- схлестывание проводов воздушных линий электропередач под действием ветра;
- попадание посторонних металлических предметов;
- ошибочные действия обслуживающего персонала.

Виды КЗ представлены на рис. 1.

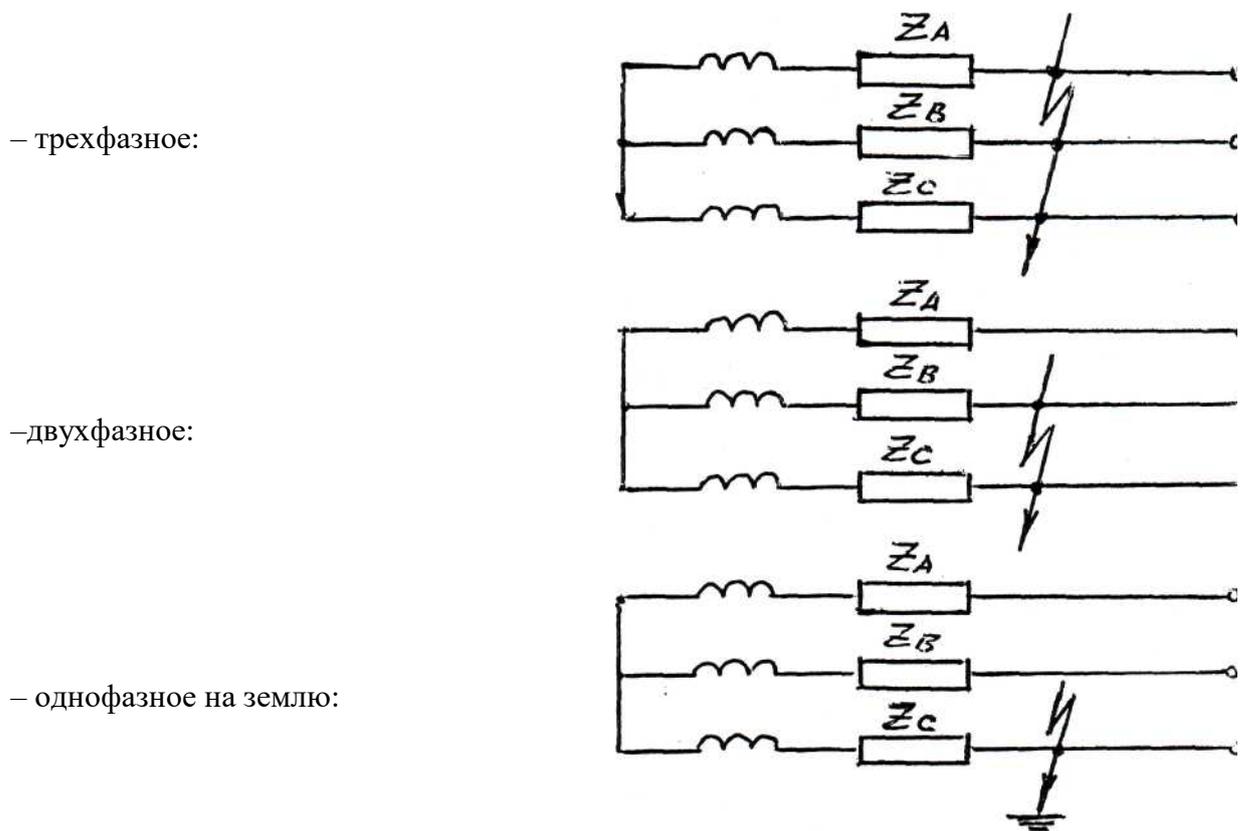
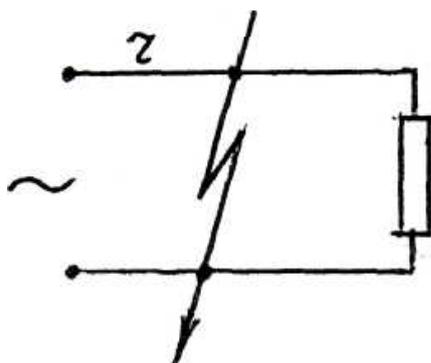


Рис. 1. Виды КЗ

Чаще всего возникают однофазные КЗ (в 60 % случаев), значительно реже – трехфазные (в 10 % случаев). Однако, как правило, трехфазное КЗ связано с более тяжелым аварийным режимом, поскольку ток достигает больших величин. Так, при трехфазном металлическом КЗ на линиях подстанции 380/220 В ток КЗ может достигнуть 25–50 кА, на шинах главных цеховых силовых шкафов – 3,5–10 кА, на зажимах мелких электродвигателей – 2 кА.

Сущность явления КЗ можно выразить следующим расчетом:



$$I_1 = \frac{U}{Z}$$

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{U}{r}$$

При КЗ $r \ll Z$,
следовательно $I_{\text{КЗ}} \gg I_1$.

Z – общее
сопротивление
потребителей тока;
 r – сопротивление
проводов
электрической сети.

$$Z = \sqrt{\sum_i^2 r + \sum_i^2 x}$$

Примечание: r – активное сопротивление; x – реактивное сопротивление.

Пожарная опасность КЗ заключается в термическом действии токов КЗ и в электрическом действии.

Тепловые действия основаны на законе Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R \tau,$$

где Q – количество теплоты, Дж; I – ток КЗ; τ – время КЗ; R – сопротивление проводника, Ом.

КЗ протекает довольно быстро, и при этом сила тока КЗ значительно превышает допустимый ток на данное сечение провода. При этом температура проводника достигает опасных температур.

Профилактика КЗ

Наиболее распространенные меры профилактики следующие:

1. Выбор, монтаж и эксплуатация электроустановок, соответствующих Правилам устройства электроустановок (ПУЭ).
2. Исполнение, способ установки и класс изоляции электрооборудования должны соответствовать нормативным требованиям.
3. Необходимо в соответствии с графиком проводить планово-предупредительные ремонты и профилактические испытания электрооборудования.
4. Должна быть предусмотрена защита электрических сетей от токов КЗ.

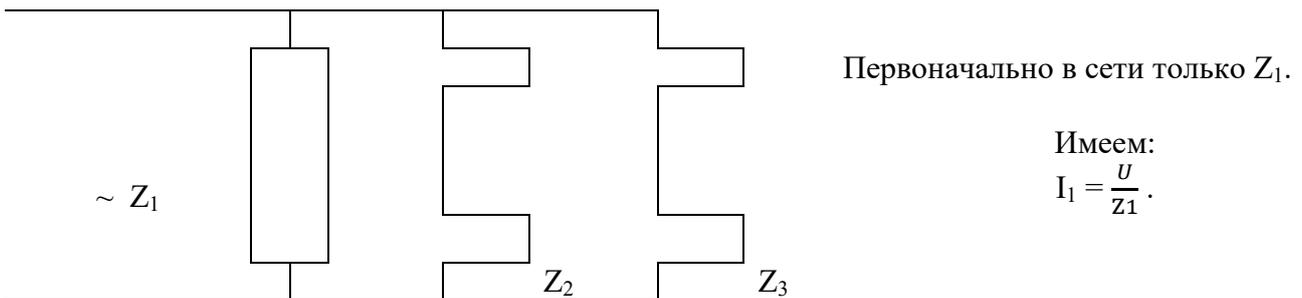
Вывод: КЗ является одной из основных причин возникновения пожаров от электрического тока. Оно опасно тепловым воздействием на горючие материалы и возникновением электродинамической силы, которая разрушает или деформирует провода и части аппаратов.

Профилактические мероприятия против КЗ должны быть направлены на предупреждение его возникновения.

Перегрузка электрических сетей

Перегрузкой называется такой аварийный режим, при котором в проводниках электрических сетей, машин и аппаратов возникают токи, превышающие допустимые нормы, то есть $I_p > I_d$.

Сущность явления:



При добавлении Z_2 и Z_3 получим: $Z_{\text{экв.}} < Z_1$, тогда $I_2 = \frac{U}{Z_{\text{экв.}}}$. Следовательно, $I_2 > I_1$.

С увеличением тока в цепи возрастает количество выделяющегося тепла по закону Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R \tau.$$

Это приводит к нагреву проводников до высоких температур, преждевременному износу (старению) изоляции и в дальнейшем – к пожару.

Для расчетов величины износа (старения) изоляции часто применяют установленное экспериментально «восьмиградусное правило». По этому правилу «длительное повышение температуры проводника выше допустимого на каждые 8 градусов приводит к ускорению износа изоляции в два раза».

С целью расчета обычно применяют формулу:

$$И = 2 (t_y - t_{y.н}) / 8,$$

где И – величина относительного износа; t_y , $t_{y.н}$ – установившееся превышение температуры нагрева проводника над температурой окружающей среды фактическое и допустимое по нормам.

Так, например: $t_y = 48$ °С при $t_{y.н} = 40$ °С, имеем:

$$И = 2 \cdot (48-40) / 8 = 2.$$

Изоляция состарится в два раза быстрее, чем при нагреве 40 °С.

Старение изоляции приводит к уменьшению ее эластичности и механической прочности. Она начинает растрескиваться и ломаться и, как следствие, может произойти пробой изоляции, КЗ, повреждение электроустановок и возникновение пожара.

При эксплуатации и противопожарном обследовании электрических сетей для обнаружения перегрузки пользуются несколькими методами. Основной метод – сравнение рабочего тока I_p электрической сети с допустимой длительной токовой нагрузкой I_d .

Рабочий ток определяется:

1. Приборами (амперметрами, токоизмерительными клещами).
2. По мощности включенных в сеть электроприемников.

В сети однофазного тока:

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10}{U_\phi}.$$

В сетях трехфазного тока:

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10^{3\eta}}{\sqrt{3} U_\phi}.$$

В силовых сетях трехфазного тока:

$$I_p = \frac{\sum P_n \cdot 10^3 K_c}{\sqrt{3} U_d \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

где P_n – номинальная мощность; K_c – коэффициент спроса; η – К.П.Д.

Допустимые токи I_d на провода и кабели для разных способов прокладки приведены в ПУЭ. Номинальные токи I_n указаны в паспортных таблицах или на корпусах машин и аппаратов.

Предупреждение перегрузок:

1. Соответствие сечения проводников по допустимому току ($I_{доп} \geq I_p$).
2. При эксплуатации электрических сетей запрещено подключать дополнительные электроприборы.
3. Не следует допускать нагревания электропотребителей до температуры, превышающей допустимую.
4. Электрические сети должны иметь защиту от токов перегрузки.

Вывод: перегрузка электрических сетей опасна повышенным нагревом жил проводов, старением изоляции проводов, возможным коротким замыканием. Основным профилактическим мероприятием является правильный расчет электрических сетей и защита от токов перегрузки.

Большие переходные сопротивления, искрение, токи Фуко

Переходные сопротивления – это сопротивления, возникающие в местах перехода тока с одной контактной поверхности на другую через площадки их действительного соприкосновения. Они возникают в местах соединений ответвлений и оконцеваний проводников электрической сети, в контактах машин и аппаратов. Потери напряжения ΔU на отрезке целого проводника определяются выражением:

$$\Delta U = I \cdot r .$$

Если проводник разрезать и соединить в стык места среза, то потеря напряжения будет несколько большей:

$$\Delta U' = I (Z + Z_{\text{к}});$$

$$Z_{\text{к}} = Z_{\text{пер}} + Z_{\text{пл}} ,$$

где $Z_{\text{к}}$ – контактное сопротивление, состоящее из двух частей: $Z_{\text{пер}}$ – переходное сопротивление, вызванное неровностями поверхности на срезе проводника; $Z_{\text{пл}}$ – сопротивление, вызванное наличием поверхностных (оксидных) пленок.

В таких контактных соединениях за единицу времени выделяется значительное количество теплоты ($Q = I^2 r_{\text{к}} \tau$), места переходных сопротивлений сильно нагреваются и возможно оплавление жил проводов, загорание изоляции и горючих материалов. Защита электрической сети при этом не срабатывает.

Для приближенных расчетов переходных сопротивлений применяют формулу:

$$r_{\text{пер}} = \epsilon / F^n ,$$

где n – коэффициент, зависящий от формы контактов и точек соприкосновения; F – сила сжатия контактов; ϵ – коэффициент, зависящий от удельного сопротивления материала контакта.

Значения n и ϵ приведены в специальных таблицах.

Большие переходные сопротивления, искрение, электрическая дуга опасны своим тепловым проявлением. Они могут явиться источником зажигания горючих материалов.

В процессе эксплуатации электроустановок в целях предупреждения возникновения пожаров следует исключить возникновение указанных явлений.

Профилактика образования больших переходных сопротивлений состоит из следующих мероприятий:

1. Необходимо обеспечить надежность контактов (пайка, опрессовка, винтовые соединения).
2. Нельзя допускать перехода с большего сечения провода на меньшее.
3. Нельзя допускать повреждение жил проводов и кабелей в результате износа или повреждения изоляции.

В местах размещения регулирующих электроустановок при аварийных режимах возможно искрение или электрическая дуга.

Для обеспечения пожарной безопасности искрящие части выключателей, переключателей, рубильников, магнитных пускателей, контакторов и т.п. искрящие аппараты выносятся в безопасное место, закрываются крышками, кожухами или применяются в соответствующем исполнении [3–5].

Анализируя процесс электрообогрева тротуаров, можно сделать вывод, что практически все рассмотренные причины пожаров от теплового проявления электрического тока при эксплуатации систем электроподогрева тротуаров могут иметь место. Но есть и условия их эксплуатации, которые увеличивают опасность появления аварийного состояния системы обогрева.

К ним относятся:

1. Резкие перепады температуры окружающей среды.

Как указано в работе [6], по приближенным оценкам, для предотвращения образования льда требуется поддержание температуры поверхности тротуара не менее +3 °С. Перепады температуры окружающей среды от +3 °С до -35 °С увеличивают опасность перегрузок электрической цепи.

Установлено экспериментально, что длительное повышение температуры проводника сверх допустимого на каждые 8 °С приводит к ускорению износа его изоляции вдвое.

2. Нагревательные кабели и сетки располагаются в земле. На них действуют осадки и различный состав грунта. Среду можно считать агрессивной. Это может привести к разрушению изоляции кабеля и возникновению КЗ, как правило, однофазного на землю.

3. В результате механических воздействий и износа жил кабеля, его неплотного соединения при ремонте возможно образование больших переходных сопротивлений (БПС). В результате возможен местный перегрев кабеля и оплавление жил в местах БПС. При этом защита электрической сети не работает.

Несколько слов о пожарной опасности слаботочных систем электроустановок. Работами [7, 8] абсолютно точно установлено, что слаботочные системы не менее пожароопасны, чем высоковольтная сеть.

В этом можно убедиться, прочитав работы по определению пожарной опасности электрической сети автомобилей, где напряжение не превышает 13 В.

Таким образом, анализируя в целом проект электроподогрева городских тротуаров с целью предупреждения обледенения, можно с уверенностью сказать, что он является пожароопасным. Кроме того, он является и довольно дорогим мероприятием. Так, стоимость десятой части протяженности тротуаров Санкт-Петербурга обойдется бюджету в 2 млрд руб., без учета затрат на электроэнергию [9].

Исходя из представленных данных, можно с уверенностью сказать, что метод электрообогрева тротуаров является не проработанным и требует разработки альтернативных методов борьбы с обледенением.

Например, намного более дешевым и безопасным является метод ответвлений от уже проложенных теплотрасс (теплоснабжения домов). Если изучить состояние поверхности грунта, где проходит теплотрасса, то можно заметить, что поверхность грунта практически всю зиму свободна от снега и даже с зеленой травой.

Список источников

1. Может ли тёплый пол привести к пожару? – Да, утверждают пожарные. URL: <https://arh112.ru/novosti/slujba-112/12776-mozhet-li-tjoplyj-pol-privesti-k-pozharu-da-utverzhdajut-pozharnye> (дата обращения: 01.10.2022).

2. Теплые полы как причина возникновения пожаров / Г.В. Плотникова [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2021. Т. 30. № 3. С. 41–53. DOI: 10.22227/0869-7493.2021.30.03.41-53.

3. Виноградов В.Н. Методика анализа пожарной опасности технологических процессов. Л.: Знания, 1989. 20 с.

4. Виноградов В.Н., Щаблов Н.Н. Оценка пожарной опасности и обеспечение противопожарных мероприятий на объекте. СПб., 2008.

5. Баюнов Ю.С. Методическое пособие по обеспечению пожарной безопасности организаций. СПб.: ООО «Кварта», 2007.

6. Системы антиобледенения тротуаров: как определить необходимую мощность. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/sistemy-antioledeneniya-trotuarov-kak-opredelit-neobhodimuyu-moschnost> (дата обращения: 03.10.2022).

7. Основные причины пожаров на автотранспорте и меры их предотвращения. URL: <https://avtoprava73.ru/uncategorized/488-osnovnye-prichiny-pozharov-na-avtotransporte-i-mery-ikh-predotvrashcheniya> (дата обращения: 05.10.2022).

8. Скодтаев С.В. Механизм и морфологические признаки аварийных пожароопасных процессов в электросетях автомобилей: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2019.
9. Тёплый асфальт: массовый подогрев тротуаров влетит Петербургу в копейчку. URL: https://www.dp.ru/a/2022/09/23/Tjoplij_asfalt (дата обращения: 05.10.2022).

References

1. Mozhet li tyoplyj pol privesti k pozharu? – Da, utverzhdayut pozharnye. URL: <https://arh112.ru/novosti/slujba-112/12776-mozhet-li-tjoplyj-pol-privesti-k-pozharu-da-utverzhdayut-pozharnye> (data obrashcheniya: 01.10.2022).
2. Teplye poly kak prichina vozniknoveniya pozharov / G.V. Plotnikova [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2021. T. 30. № 3. S. 41–53. DOI: 10.22227/0869-7493.2021.30.03.41-53.
3. Vinogradov V.N. Metodika analiza pozharnoj opasnosti tekhnologicheskikh processov. L.: Znaniya, 1989. 20 s.
4. Vinogradov V.N., Shchablov N.N. Ocenka pozharnoj opasnosti i obespechenie protivopozharnyh meropriyatij na ob"ekte. SPb., 2008.
5. Bayunov Yu.S. Metodicheskoe posobie po obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti organizacij. SPb.: ООО «Kvarta», 2007.
6. Sistemy antioledeneniya trotuarov: kak opredelit' neobhodimuyu moshchnost'. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/sistemy-antioledeneniya-trotuarov-kak-opredelit-neobhodimuyu-moshchnost> (data obrashcheniya: 03.10.2022).
7. Osnovnye prichiny pozharov na avtotransporte i mery ih predotvrashcheniya. URL: <https://avtoprava73.ru/uncategorized/488-osnovnye-prichiny-pozharov-na-avtotransporte-i-mery-ikh-predotvrashcheniya> (data obrashcheniya: 05.10.2022).
8. Skodtaev S.V. Mekhanizm i morfologicheskie priznaki avariynyh pozharoопасnyh processov v elektrosetyah avtomobilej: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2019.
9. Tyoplyj asfal't: massovyj podogrev trotuarov vletit Peterburgu v kopechku. URL: https://www.dp.ru/a/2022/09/23/Tjoplij_asfalt (data obrashcheniya: 05.10.2022).

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 20.10.2022

Принята к публикации: 10.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 20.10.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Информация об авторах:

Виноградов Владимир Николаевич, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vla4934@yandex.ru

Луговой Александр Александрович, профессор кафедры общегуманитарных и социально-экономических дисциплин Санкт-Петербургского юридического института (филиала) Университета прокуратуры Российской Федерации (191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 44), доктор философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

Information about the authors:

Vinogradov Vladimir N., engineer of the department of planning, organization and coordination of scientific research of the center for the organization of research and editorial activities of the 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: vla4934@yandex.ru

Lugovoy Alexander A., professor of the department of general humanitarian and socio-economic disciplines of the Saint-Petersburg law institute (branch) of the University of the prosecutor's office of the Russian Federation (191014, Saint-Petersburg, Liteyny ave., 44), doctor of philosophy, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation

Научная статья
УДК 004.056

БЕЗОПАСНОЕ УДАЛЕНИЕ ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ КРИПТОГРАФИИ И РАНДОМИЗАЦИИ

✉ Китов Степан Николаевич.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия

✉ kit0ff@inbox.ru

Аннотация. Обеспечение конфиденциальности и защита данных является очень важной задачей информационной безопасности на сегодняшний день. Эффективные методы удаления данных играют ключевую роль в обеспечении конфиденциальности, что обусловлено минимизацией вероятности утечки данных после удаления. При стандартном методе удаления данных не выполняется удаление в прямом смысле, на жестком диске осуществляется присвоение соответствующим секторам статуса свободных для записи. Соответственно, если на эти данные не записывалась новая информация, такие данные можно восстановить. В данной статье будет предложено разработать утилиту, выполняющую безопасное удаление данных на основе шифрования и рандомизации.

Ключевые слова: защита данных, конфиденциальность, удаление данных, шифрование, безопасность, автоматизация

Для цитирования: Китов С.Н. Безопасное удаление данных при помощи криптографии и рандомизации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 60–67.

SECURE DATA DELETION USING CRYPTOGRAPHY AND RANDOMIZATION

✉ Kitov Stepan N.

Siberian state university of science and technology named after academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

✉ kit0ff@inbox.ru

Abstract. Ensuring confidentiality and data protection is a very important task of information security today. Effective methods of data deletion play a key role in ensuring confidentiality, this is due to minimizing the likelihood of data leakage after deletion. With the standard method of data deletion, deletion is not performed in the literal sense, the corresponding sectors are assigned the status of free for writing on the hard disk. Accordingly, if no new information was recorded on this data, such data can be restored. In this article, it will be proposed to develop a utility that performs secure data deletion based on encryption and randomization.

Keywords: data protection, confidentiality, data deletion, encryption, security, automation

For citation: Kitov S.N. Secure data deletion using cryptography and randomization // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 60–67.

Введение

Полной конфиденциальности в цифровом пространстве добиться чрезвычайно сложно, а с каждым годом становится все сложнее и сложнее. Благодаря многочисленным цифровым способам, которые используются для передачи сообщений, самовыражения или выполнения своих обязанностей, так называемый «цифровой след» остается на каждом веб-сайте, который был посещен, на каждом жестком диске, который был использован. Предлагаемый метод поможет безвозвратно удалять данные, которые необходимо гарантированно уничтожить без риска, что их кто-то сможет восстановить. Гарантированно удалить можно только локальные данные, расположенные непосредственно на жестком диске пользователя, данные на удаленных хостах гарантированно не удалить.

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022

Анализ предметной области

Обучение пользователей и ИТ-персонала тому, как правильно распоряжаться неиспользуемой информацией ограниченного доступа, является одним из подходов к сохранению конфиденциальности [1]. Наличие исправного механизма безопасного удаления данных является признаком зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия [2].

Отметим, что данная статья:

1. Обозначает значимость угрозы компрометации данных, если пренебрегать надлежащими методами удаления данных в отношении информации ограниченного доступа.

2. Указывает на необходимость индивидуального подхода к удалению критически важных данных, путем внедрения алгоритма, использующего криптографию и рандомизацию для обработки информации.

3. Учитывает необходимость возможности реализации алгоритма в реальных операционных системах на базе Linux, Windows, Mac iOS.

Процесс удаления данных может быть как разрушительным для накопителя, так и не разрушительным. В первом случае процесс включает в себя физическое уничтожение накопителя. Во втором случае процесс подразумевает перезаписывание или размагничивание, при котором само устройство сохраняется, но содержащиеся в нем данные стираются. Если есть доступ к физическому уровню носителя, можно уничтожить его, чтобы убедиться, что данные, которые на нем когда-то хранились, не могут быть восстановлены, но если доступ к носителю есть только на пользовательском уровне, можно использовать только доступный интерфейс для выполнения удаления этих данных. Однако если неизвестно, какой именно блок содержит данные, которые необходимо стереть, практически невозможно перезаписать данные, чтобы гарантировать, что они недоступны после простого удаления. Поэтому следует учитывать, что, удаляя данные даже безопасным способом на удаленном сервере (облачном), никто не может дать гарантий, что удаленные данные нельзя будет восстановить [3].

Некорректное или небезопасное удаление данных может привести к их компрометации. Например, это могут быть личные данные или данные кредитных карт. Благодаря этому существует целый черный рынок пользовательской информации, который только растет [4].

После извлечения данных, которые были удалены небезопасными методами, они могут быть использованы для незаконных действий. Также отметим, что бумажные копии данных лучше всего физически уничтожать, чтобы свести к минимуму вероятность извлечения данных. Большинство людей и не подозревает, что необходимо уделять особое внимание тому, как безопасно избавляться от информации на своих устройствах, например, когда они решают продать свои старые гаджеты или сдать их на переработку. С помощью инструментов восстановления все хранящиеся там данные, включая удаленные, можно извлечь и обработать, а далее использовать в незаконных целях [4].

Под безопасным удалением, которое упоминалось ранее, следует понимать гарантированное удаление данных, при котором возможность восстановления исключается либо затрудняется настолько, что ресурсы, затрачиваемые на восстановление, превышают ценность этих данных.

Безопасное удаление включает в себя множество методов: удаление не только самих файлов, но также и ссылок на секторы с этими данными на жестком диске, поблочная перезапись, физическое, химическое, термическое или магнитное уничтожение.

Следует отметить данные по сложности восстановления, от простого к сложному:

- 1) обычные файлы, которые можно легко найти в каталогах, например C:\Windows;
- 2) временные файлы, такие как кэш браузера, вспомогательные файлы или файлы корзины, то есть те файлы, которые удаляются автоматически, система их удалит рано или поздно;
- 3) удаленные файлы, когда файлы удаляются из файловой системы, но их блоки не перезаписываются, а ссылки на файлы все еще находятся в содержащем их каталоге.

Удаленные файлы просто помечаются как «свободные». Они традиционно восстанавливаются с помощью средств восстановления;

4) сохраненные блоки данных, которые представляют собой составные части данных, восстановленные, но не принадлежащие конкретному именованному файлу, например, свободное пространство или резервное хранилище виртуальной памяти. Они также могут быть просто частично перезаписаны данными уровня из пункта выше;

5) данные, скрытые от пользователя, которые могут быть извлечены только с помощью команд, специфичных для конкретного пользователя;

6) перезаписанные данные.

Общие практики уничтожения данных и методы их извлечения

Удаление данных осуществляется либо физически, либо программно, чтобы избежать дальнейшей утечки данных.

Существуют рекомендации NIST 800-88 по стиранию данных, в них представлены рекомендуемые методы безопасного удаления данных и утилизации накопителей.

Следует отметить метод DOD 5220.22-M, который заключается в трехкратной перезаписи существующих данных:

1. Записывается ноль, затем проверка записи.
2. Записывается единица, затем проверка записи.
3. Записывается случайный символ, затем проверка записи.

Благодаря данному методу исключаются программные методы восстановления данных, а также большинство аппаратных методов восстановления данных [5].

Аппаратное стирание

Термин «аппаратное обеспечение» в данном контексте относится к флеш-накопителю, ленточным данным, жестким дискам или любому другому типу материального запоминающего устройства. Обычно это процесс, который можно выполнить одним из нескольких методов, каждый из которых оценивается по двум параметрам:

- 1) уровень безопасности;
- 2) время выполнения (скорость).

Уровни безопасности варьируются от очень слабого, при котором данные легко восстанавливаются, до чрезвычайно сложного или почти невозможного, при котором данные почти потеряны с крайне низкими шансами на восстановление. Что касается скорости каждого процесса стирания, можно отметить, что это может быть период, приблизительно равный миллисекундам или занимающий до половины дня. Лучшим методом по обоим параметрам является физическое уничтожение [3, 6].

Удаление данных с помощью шифрования

Тенденции утилизации больше склоняются к использованию инструментов шифрования. Это методы, в которых ключ шифрования используется для обработки запросов диска, таких как сохранение или удаление данных. Ключи в этой ситуации обычно никогда не покидают жесткий диск. Раньше на это уходило от 30 до 60 мин, но теперь безопасное удаление данных выполняется просто путем изменения ключа шифрования, что занимает всего несколько микросекунд. Тем не менее эту операцию может выполнить только человек, знающий первоначальный мастер-ключ или пароль.

TPM (trusted platform module) или модуль доверенной платформы – этот метод, являющийся аппаратно-реализованным средством защиты данных, которое можно использовать для создания компьютерных ключей шифрования и управления ими. В сочетании с программными средствами защиты данных TPM повышает информационную

безопасность за счет таких функций, как защита файлов и электронной почты. Как правило, он обеспечивает безопасность в выборочных областях жесткого диска. Требования к вычислительным ресурсам меняются в зависимости от требуемого уровня безопасности. Основным недостатком метода заключается в парольной фразе, которую пользователь может легко забыть, что приведет к непреднамеренному удалению данных [4].

Предлагаемый метод

Данное исследование посвящено исключению утечки данных после их удаления. То есть имеется информация ограниченного доступа, которая удаляется, и необходимо исключить ее компрометацию. Этого предлагается достичь путем использования простой комбинации крипто-методов, элементарной функции, которая нарушает зашифрованный результат, и прямого языкового кодирования для уничтожения данных – три основных фактора для выполнения этого метода удаления. Основанием этого метода является мнение, что зашифрованные данные, которые были повреждены, достаточно сложно восстановить, что подтверждено выводами, основанными на практике. Алгоритм получает входные данные в виде обычного текста или разбитых строк данных, затем проходит через ряд этапов и, наконец, представляет некоторый не распознанный вывод. Все основывается на вводе и трех определенных алгоритмах. Предлагаемый подход состоит из трех основных этапов:

- 1) шифрование;
- 2) повреждение;
- 3) расшифровка.

При необходимости могут быть добавлены второстепенные этапы, такие как предварительный этап разбиения данных на блоки совместимого размера с используемым алгоритмом шифрования или заменяющий этап многократной перезаписи исходных данных с результатом в качестве гарантии необратимости процесса. Основные этапы процесса представлены на укрупненной схеме алгоритма (рис. 1).



Рис. 1. Последовательность этапов безопасного удаления

Стрелки перехода между блоками отображают поток данных, первый и последний блоки – второстепенный этап, а основной этап представлен тремя центральными блоками.

При таком подходе пароли, созданные человеком, не могут рассматриваться как ключи шифрования. Ключи должны быть более сложными по своим свойствам, они должны

сводить к минимуму вероятность их повторного создания (угадывания) и исключить забывание пользователем, как с паролями. Использование ключей шифрования в процессе уничтожения данных усложняет процесс восстановления исходного состояния данных. В итоге пользователь получает блоки стертых данных в структуре хранения, они не читаемы и готовы к перезаписи.

Уровень секретного ключа AES-256 бит

Первый этап заключается в выполнении алгоритма шифрования. Это делается для того, чтобы получить зашифрованный результат исходной информации, которую следует удалить. На этом этапе можно использовать любой алгоритм шифрования, который бы зашифровал данные. Вот некоторые из распространенных алгоритмов шифрования, которые можно использовать: DES, 3DES, AES, blowfish, PGP и т.д. В предлагаемом решении рекомендуется использовать алгоритм шифрования AES с размером секретного ключа 256 бит. При таком подходе, если входные данные больше 128 бит, их необходимо разбить на блоки по 128 бит и соответственно дополнить, когда входные данные меньше, необходимо сохранять размер входного блока 128 бит.

Усовершенствованный стандарт шифрования (AES) – это распространенный алгоритм шифрования, используемый в последнее время в различных приложениях, – от государственных до коммерческих. Этот стандарт шифрования принимает данные, разбитые на блоки по 128 бит. Уровень безопасности зависит от одного и того же стандарта, но разных размеров секретного ключа. Размер секретного ключа может быть 128, 192 или 256 бит, каждый из которых обеспечивает различный уровень безопасности. Этот стандарт шифрования выполняет 14 раундов с восемью S-блоками для выполнения процесса шифрования [7].

AES выбран в качестве инструмента шифрования в предлагаемом методе удаления данных из-за малого количества заявленных против него успешных кибератак. Трудно провести успешную атаку против этого алгоритма шифрования, особенно если размер используемого ключа велик. AES работает более эффективно с точки зрения аппаратного и программного обеспечения с относительно небольшим временем создания ключа и требованиями к памяти, в отличие от других алгоритмов, таких как blowfish, который лучше всего подходит для программного обеспечения, ему требуется больше времени на создание ключа, и он требовательнее к ресурсам памяти. Он работает стабильно быстрее после фазы настройки ключа. Blowfish шифрует блоки меньшего размера, чем AES. Отметим, что он использует 64-битный размер блока, по сравнению со 128-битным размером блока AES. Так же отметим, что уровень безопасности для него может превосходить уровень безопасности 256-битного ключа алгоритма AES, поэтому в предлагаемом подходе можно использовать Blowfish, если он применяется в средах, где ресурсы памяти не ограничены [8].

Искажение результата

Количество проходов рандомизации различается в зависимости от чувствительности данных. Это вариационная переменная, которую можно использовать для повышения производительности алгоритма, поскольку она напрямую связана с количеством операций чтения и записи, выполняемых в блоках памяти. Перезапись может быть выполнена путем стирания нулей или случайных шаблонов, которые будут использоваться в дальнейшей реализации. Из-за этого будет трудно сказать, были ли какие-либо исходные данные на носителе [3].

Повреждение данных – это, по сути, решение изменить биты в результате шифрования, который получен на этом этапе. Отметим, что рандомизация процесса искажения лучше всего отклоняет результат от его первоначальной формы.

На этапе искажения предлагается метод смещения регистра. Суть его – в выборке случайных букв входной строки, а затем необходимо сдвигать регистр этих выбранных букв.

Если буква является строчной, она становится буквой верхнего регистра и наоборот. Этот метод выбран потому, что используется фактор случайности, и он использует разрыв между пронумерованным представлением в верхнем и нижнем регистре в ASCII. Отметим также, что изменение будет применяться непосредственно к значению переменной через указатель переменной, а не копию значения данной переменной.

Расшифровка данных

Расшифровка будет использоваться прямым способом. На этапе расшифровки будет браться любая строка, полученная на этапе искажения, и просто расшифровываться в измененную форму из-за ранее выполненного метода искажения [3]. После этого пункта предлагаемого подхода, результат будет трудно предсказать. Отметим также, что алгоритм расшифровки должен будет показывать разные результаты для каждого вывода о повреждении. Для будущей работы с системой потребуется разработать графический интерфейс, который будет позволять пользователю изменять результат шифрования вручную для проверки нескольких результатов, а также для более удобной работы с системой. Окно моделирования должно будет состоять из `UITextFields` и `UIButtons`. При каждом нажатии будет вызываться одна из трех функций либо для шифрования входной строки, либо для повреждения зашифрованного текста, либо для расшифровки поврежденной строки. Моделирование будет выполняться в прерывистом шаблоне. Это делается для того, чтобы можно было исследовать ручные и запрограммированные методы повреждения, а также анализировать различные результаты и программные потоки. Со всеми ранее обсуждавшимися элементами графического интерфейса, которые позволяют пользователю вводить данные, должна быть добавлена кнопка очистки для сброса входных значений и подготовки алгоритма к новому запуску.

Как показывают результаты, расшифровка поврежденных зашифрованных данных приводит к непригодным значениям. Если алгоритм искажения запускается более одного раза, он продолжает манипулировать текущими входными данными. Однако повреждение зашифрованного текста n раз не обязательно снижает шансы на восстановление. Множественное изменение зашифрованного текста становится больше похоже на обычное редактирование значения непригодных данных.

Невозможно предсказать, какое случайное значение вводит в алгоритм рандомизированная манипуляция, поэтому повторение процесса искажения необязательно повысит эффективность алгоритма безопасного удаления. Однократный проход алгоритма уже приводит к крайне необратимому значению, учитывая, что шифрование не может быть отменено без ключа, и даже если ключ скомпрометирован, возвращение исходного состояния входного значения очень маловероятно.

Хочется отметить следующие важные аспекты разрабатываемой системы:

1) можно использовать любой алгоритм шифрования. Чем более совершенен алгоритм, тем больше он увеличивает вероятность необратимости результата. Это связано с трудностью восстановления аналогичного результата без ключа шифрования. В данном случае будет применен алгоритм AES с размером ключа 256 бит;

2) можно использовать любой алгоритм искажения. Чем «рандомнее» это делается, тем выше вероятность необратимости результата. Алгоритм искажения, применяемый в этом подходе, заключается в смещении регистра букв по случайным индексам строки. Также можно выполнить повреждение текста вручную, но это нецелесообразно;

3) этот подход можно применять к конкретным типам файлов, определенных пользователем, таким как `jpeg`, `txt`, `pdf` и т.д., в зависимости от того, какой из них наиболее важен для пользователя. Это применяет алгоритм к выбранной части данных вместо полной перезаписи всех данных, сокращая затраты ресурсов и времени;

4) все данные можно будет разбить на блоки нужного размера;

- 5) все блоки данных будут доступны в открытом или зашифрованном виде – по желанию пользователя (этапы можно пропускать);
- 6) заключительный второстепенный этап перезаписи результата может быть выполнен вручную или настроен на автоматизацию с несколькими проходами, если это необходимо.

Выводы

С помощью алгоритма обнаружения этот подход можно интегрировать в операционную систему для определения типов файлов для последующего выполнения алгоритма удаления. Распознавание конкретных файлов, которые следует удалять, может сэкономить время и ресурсы. Если пользователь больше заинтересован в файлах pdf, то данный алгоритм может ориентироваться на эти типы файлов и уничтожать их вместо того, чтобы просматривать все файлы, которые могут содержать информацию ограниченного доступа.

Этот алгоритм можно интегрировать в операционные системы таким образом, чтобы его можно было вызывать выполнением команды, отличной от типичной команды удаления или стирания/форматирования. Это необходимо для защиты от любой вредоносной активности, которая может произойти на компьютере с вредоносной программой, например, дублирование файлов перед командой удаления.

Рандомизация – важный фактор, который следует учитывать, когда необходимо безопасно удалить данные, он позволяет изменить блоки данных без возможности восстановления их исходного состояния для злоумышленника. С использованием методов шифрования для удаления данных вырастают требования к вычислительным ресурсам. Время выполнения при больших объемах данных тоже растет, тем не менее это оправдано, ведь такой метод значительно повышает надежность и эффективность процесса удаления конфиденциальных данных. С помощью этого подхода можно безопасно удалять конфиденциальные данные небольшого объема, не переживая за утечку личных данных. В будущем такой подход можно улучшить, автоматизировав идентификацию конфиденциальных данных с помощью машинного обучения.

Список источников

1. Метельков А.Н. О проблеме технических мер в системе мер по обеспечению информационной безопасности // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 2 (30). С. 36–42. DOI: 10.37468/2307-1400-2020-2-36-42. EDN EJCYSI.
2. Змеева В. Уровни зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия. URL: <https://habr.com/ru/post/445208/?ysclid=19qjh697zm835355983> (дата обращения: 30.10.2022).
3. Kissel R., Stine K., NIST 800-88. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-88r1.pdf> (дата обращения: 30.10.2022).
4. Борисов М.А., Заводцев И.В., Чижов И.В. Основы программно-аппаратной защиты информации. 2-е изд. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 584 с.
5. Захаров Г. DoD 5220.22-M Метод стирания данных. URL: <https://solutics.ru/windows/dod-5220-22-m-metod-stiraniya-dannyh-us-dod-wipe-standard/?ysclid=19sdd1ukqe256528472> (дата обращения: 30.10.2022).
6. Подчищаем за собой: учимся удалять данные с HDD и SSD. URL: <https://habr.com/ru/company/wd/blog/574284/?ysclid=19phe9cro6595111570> (дата обращения: 30.10.2022).
7. Biryukov A., Khovratovich D. (2009). Related-key cryptanalysis of the full AES-192 and AES-256 // Part of the Lecture Notes in Computer Science book series. 2019. Vol. 5912 LNCS. P. 1–18.
8. Береснева А. Погружение в крипто. Ч. 4. Современные зарубежные шифры. URL: <https://haker.ru/2016/06/30/crypto-part4/> (дата обращения: 30.10.2022).

References

1. Metel'kov A.N. O probleme tekhnicheskikh mer v sisteme mer po obespecheniyu informacionnoj bezopasnosti // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2020. № 2 (30). S. 36–42. DOI: 10.37468/2307-1400-2020-2-36-42. EDN EJCYIS.
2. Zmeeva V. Urovni zrelosti IT-infrastruktury predpriyatiya. URL: <https://habr.com/ru/post/445208/?ysclid=19qjh697zm835355983> (data obrashcheniya: 30.10.2022).
3. Kissel R., Stine K., NIST 800-88. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-88r1.pdf> (data obrashcheniya: 30.10.2022).
4. Borisov M.A., Zavodcev I.V., Chizhov I.V. Osnovy programmno-apparatnoj zashchity informacii. 2-e izd. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2013. 584 s.
5. Zaharov G. DoD 5220.22-M Metod stiraniya dannyh. URL: <https://solutics.ru/windows/dod-5220-22-m-metod-stiraniya-dannyh-us-dod-wipe-standard/?ysclid=19sdd1ukqe256528472> (data obrashcheniya: 30.10.2022).
6. Podchishchaem za soboj: uchimsya udalyat' dannye s HDD i SSD. URL: <https://habr.com/ru/company/wd/blog/574284/?ysclid=19phe9cro6595111570> (data obrashcheniya: 30.10.2022).
7. Biryukov A., Khovratovich D. (2009). Related-key cryptanalysis of the full AES-192 and AES-256 // Part of the Lecture Notes in Computer Science book series. 2019. Vol. 5912 LNCS. P. 1–18.
8. Beresneva A. Pogruzhenie v kriptu. Ch. 4. Sovremennye zarubezhnye shifry. URL: <https://xakep.ru/2016/06/30/crypto-part4/> (data obrashcheniya: 30.10.2022)

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 20.10.2022

Принята к публикации: 18.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 20.10.2022

Accepted for publication: 18.11.2022

Информация об авторах:

Китов Степан Николаевич, студент (магистр) Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (660037, Красноярский край, г. Красноярск, пр. им. газеты Красноярский рабочий, д. 31), e-mail: kit0ff@inbox.ru

Information about the authors:

Kitov Stepan N., student (master) of Siberian state university of science and technology named after academician M.F. Reshetnev (660037, Krasnoyarsk territory, Krasnoyarsk, ave. im. newspaper Krasnoyarsk worker, 31), e-mail: kit0ff@inbox.ru

Научная статья

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАФИКОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

✉ Масуме Закави.

Университет Пайаме Нур в Северном Тегеране, г. Тегеран, Иран

✉ M.Zakavi@pnu.ac.ir

Аннотация. Растущие темпы урбанизации и развития транспортной инфраструктуры в городах заставляют искать новые решения для контроля и управления транспортной сетью, а также для предотвращения неравномерности городского транспортного потока и образования пробок. С другой стороны, заторы на дорогах экономически приводят к потере энергии, загрязнению воздуха и снижению качества жизни. Поэтому предлагаются к использованию умные светофоры, определяющие оптимальный способ управления движением. В нечеткой модели, предложенной для городской транспортной сети, в качестве параметров эффективности системы были использованы средняя длина очередей и время ожидания автомобилей на каждом маршруте. После того как предложенная система была смоделирована и сравнена с системой с фиксированным временем работы светофора, экономия времени составила 24,69 %. Предложенный контроллер предотвратил максимизацию времени зеленого света. Если бы предлагаемый нечеткий регулятор мог уменьшить минимальное время зеленого света светофора, были бы получены лучшие результаты. Следовательно, этот показатель может быть снижен в городах с меньшей загруженностью дорог. Предлагаемый нечеткий регулятор имел меньшую системную сложность, поэтому его можно было легко и недорого реализовать. Кроме того, меньшая сложность может снизить частоту отказов системы и облегчить исправление ошибок.

Ключевые слова: управление трафиком, нечеткое управление, нечеткий алгоритм, нейронная сеть, генетический алгоритм

Для цитирования: Масуме Закави. Интеллектуальное управление трафиком с использованием нечеткого моделирования // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2022. № 4 (44). С. 68–80.

INTELLIGENT TRAFFIC CONTROL USING FUZZY CONTROL

✉ Masoumeh Zakavi.

Payame Noor University of North Tehran, Tehran, Iran

✉ M.Zakavi@pnu.ac.ir

Abstract. The increasing rate of urbanization and traffic in cities made societies find some solutions to control and manage vehicle commutations and prevent the irregularity and mental effects of the traffic. On the other hand, traffic congestion economically causes loss of energy, air pollution, and lower quality of life. Therefore, the man decided to invent a traffic light (or traffic signal) and an optimal method for traffic control. In the fuzzy model proposed for the urban traffic network, queues' average length and waiting time of cars in each route was introduced as parameters of the system per state. After the proposed system was simulated and compared with the fixed time system, there was a 24.69 % time-saving. The introduced controller prevented the maximization of green signal time. The better results are associated with the shorter the minimum green signal time in the proposed fuzzy controller. Therefore, this rate can be reduced in lower-traffic congestion states. The proposed fuzzy controller had less system complexity, so it could be implemented easily and inexpensively. Moreover, the lower complexity could reduce the system failure rate and facilitate error correction.

Keywords: traffic control, fuzzy control, fuzzy algorithm, neural network, genetic algorithm

For citation: Masoumeh Zakavi. Intelligent traffic control using fuzzy control // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2022. № 4 (44). P. 68–80.

Introduction

The heavy traffics in megacities now has caused less attention to transportation management. Traffic signal control is one of the most important research areas in intelligent transportation systems (ITS) because this control has a direct impact on the improvement of urban transportation systems. Many researchers have studied optimal signal control algorithms over these years. Webster has introduced some equations for optimal time cycle and green phase contribution based on the certain time control [1]. Akcelik modified Webster's theory for more complete plans in a new time signal algorithm called ARRB [2, 3]. These methods in traffic states that have historical records provide the minimum computational cost but do not respond to instant time variables. The expansion of inexpensive sensors computes, and communication technologies led to the development of many modern techniques for time signal setting (signal timing) based on the instant traffic data. Accordingly, some adaptive global control systems can be named: SCOOT, SCATS, OPAC, and RHODES [4].

Some artificial intelligence (AI) techniques have been introduced for signal control over recent years, which use logical fuzzy controllers and Genetic Algorithms (GA) [5]. Those systems, such as fuzzy systems that perform based on human knowledge and experience have shown an efficient and proper performance in many applications like traffic. Such systems can be used under the uncertainty in which some information about the function can be derived from the expert person [6]. This report used a state-space equation to formulate the average waiting or stop time of the vehicle in the traffic network for a certain time. It was aimed to create an optimal traffic control by this fuzzy controller within two traffic normal and exceptional states. The state-space equations used in this paper have been presented by Mr. Li Jinyuan, 2007 [7].

In the 1980s, Nakatsuyama et al. [8] used fuzzy logic to set two one-way direct intersections simultaneously. The purpose of this study was to determine movement parameters, i.e., the time difference between the green phase starts in the first and second intersections. A paper published by Favila et al. (1993) [9] described the application of a fuzzy traffic control system (FTC) known as the description of a fuzzy traffic controller.

Simulations existing in HUTSIM software in paper [10] were used in which, Niittymaki and Turunen tested a new algorithm based on Lukasiewicz's multivalued logic on three actual traffic control systems. The fuzzy decision-making method for intelligent control systems and traffic warning was registered as a patent in Northern US, in 2001. This system was supposed to warn drivers about traffic load [11]. Paper [12] was conducted by integrating fuzzy logic and GA by Teodorovic et al. (2001). The authors suggested an isolated intersection control system with LSE within a two-way process. The hierarchy of phases' efficiency was determined based on the vehicular assessment using GA in the first step. Fuzzy rules were defined in the second step based on the future traffic situation. Wei et al. designed a multi-stage traffic control system for a separated intersection with LSE. Kuo and Lin [13] suggested a new method to find an LSE signal plan based on fuzzy logic.

Murat and Gedizlioglu [14] designed a fuzzy control system for an isolated intersection that was different from the mentioned systems because they used two fuzzy control systems. Jacques et al. [14] analyzed the dimensions of decision-making theoretical logic used in the LSE control system. They tested indeed three different fuzzy control systems. In paper [15], Zeng et al. (2009) introduced a fuzzy control for isolated intersection in which, the input variable amount in each phase is identified concerning previous intensity values. Some authors, such as Zeng et al. [16] inserted a considerable idea into the fuzzy control system. They proposed a two-layer fuzzy control system for an overloaded transportation network. Hu et al. (2007) also proposed an interesting LSE control system [17]. The proposed control system includes an evolutionary algorithm that generates an efficient fuzzy rule base. The evolutionary algorithm performs based on the real measured data and approaches an intersection with four separate arms containing some lines for straight direction and right turns.

Yang et al. [18] introduced hierarchical fuzzy logic controlled (HFLC) for the hierarchical fuzzy control system. Their control system is composed of two stages and three units with fuzzy logic. The first stage included two units with fuzzy logic. Cheng and Yang [19] proposed another LSE control system in their thesis, which includes a fuzzy genetic algorithm. The traffic light signalized with fuzzy logic uses some sensors that calculate vehicles and allow an augmented estimation of adaptive traffic models. Although Choudhary suggested an adaptive controlled design strategy to present the average weight of the vehicle in an intersection [20]. Askerzade I.N. compared different fuzzy logic control algorithms [21]. Zachariah Babangida introduced a fuzzy reasoning logic system to optimize the traffic signal system's phase planning (SPSTLT) [22]. Dilip introduces an efficient design using a B vehicles state [23].

Sugeno Erwan Eko Prasetyi used the method proposed in research [24] and designed an adaptive traffic signal controller. Fuyang chan presented a traffic signal controller for a six-line intersection [25]. Ms. Girija H Kulkarni suggested a fuzzy traffic controller for isolated intersections using VB6 ambient through MATLAB [26]. This result of the simulation approved the performance of our proposed integrated traffic signal control system using RFID and fuzzy logic by Javid Alam [27]. Kamal Kumar Pandi suggested a fuzzy decision support system and fuzzy controller component with a fuzzy rule base [28]. Navneet Kaushal suggested two fuzzy rules system algorithms for isolated traffic intersection in VB6 ambient [29]. Olanrewaju O.M. proved that pedestrian delay has a considerable effect on traffic control to increase pedestrian safety [30]. According to the points mentioned above, the extant study was conducted using a fuzzy logic technique for intelligent traffic signal control.

Method

There are four core factors in human decision to solve traffic control issues; hence, the decisions made by humans are effective in the fuzzy engine (FE).

FE makes an intelligent decision about traffic congestion using a certain defined rule. To do so, FE requires simulation inputs then outputs are sent to the simulator for setting simulated traffic. This high-level model of FE has been illustrated in fig. 1.

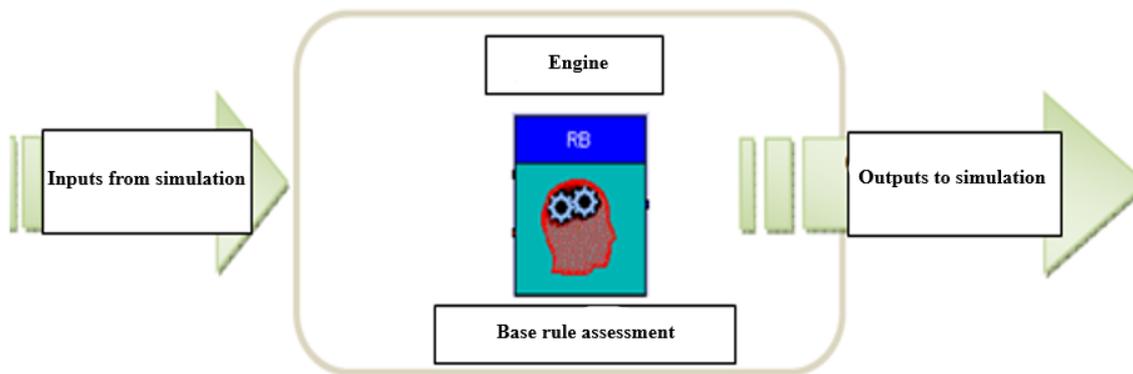


Fig. 1. FE performance

According to fig. 1, inputs from simulation and outputs to simulation are taken into account by the FE control parameters.

There are generally two linguistic inputs used in FE design, which are defined as the percentage use of traffic area (REDQ) and the number of vehicles moving in the area (GREEN). REDQ and GREENQ are installed beneath the red light and green light of the traffic signal, respectively.

REDQ in traffic area of road is distributed from a junction intersection within a certain traffic cycle time. Traffic areas have been shown within the 200-pixel range in the main simulator stage (MSS) of the FTC system (fuzzy traffic control). The uneven design of traffic area distribution

in junction intersections has been illustrated in fig. 2. Shared areas in the figure depict traffic points considering junction intersections. Assuming the traffic area of each road, the indicated junction intersections have equal lengths marked with a D sign in fig. 2.

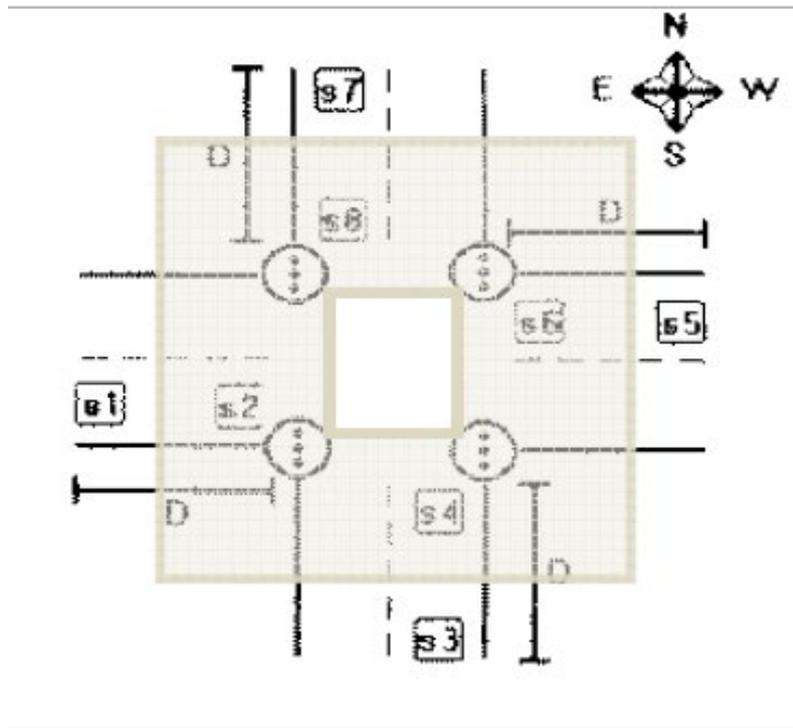


Fig. 2. Traffic area $D = 200$ -pixel range

FTC system simulates 8 vehicles, which have been shown in five different images. These eight types of vehicles include two vans, four cars with different shapes, one truck-shaped vehicle, and one three-wheeled vehicle. Fig. 3 depicts the maximum distribution of vehicles.

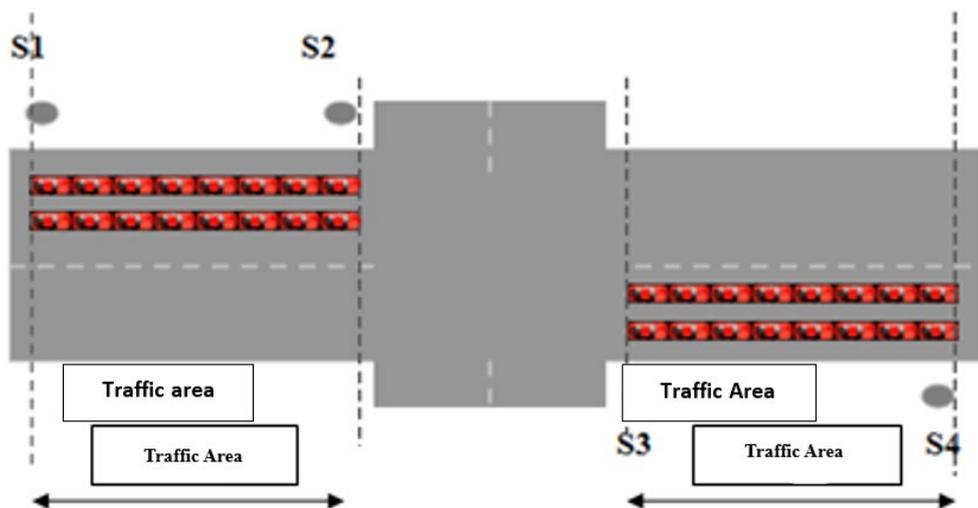


Fig. 3. Maximum distribution of vehicles in road traffic area;
S1, S2, S3, S4 = sensors installed on the road

There are 32 vehicles maximum on the road distributed in the traffic area of each road. Fig. 3 indicates the distribution of vehicles on east and west roads.

The eastern road contains a maximum of 16 vehicles in the road traffic area. This distribution is shown using two 8-vehicle queues. Vehicle queues have been distributed on two routes of the eastern road. The same distribution is seen on the western road. Although fig. 3 shows a maximum of 32 vehicles in the traffic area, FTC simulation accounts for 35.

Three vehicles have been added for error conditions. This error situation occurs when traffic signals covert from green to a red state.

Vehicles can move on the empty side during this variation. According to the proposed simulation, a maximum number of moving vehicles over variation time is calculated by consideration of vehicle and intersection length.

It means that a maximum of 3 vehicles can move during signal variation time, and join the maximum queue (32 vehicles) in the traffic area. Therefore, 35 vehicles exist in the simulation process. REDQ is defined using the equation below based on the factors mentioned above.

$$REDQ = \frac{n \times 100}{35}.$$

Where n represents the maximum number of vehicles arrived at the traffic area during the current traffic cycle. As a result, REDQ range varies between 0 and 100.

GREENQ indicates the number of vehicles moving under the green light. GREENQ range equals $0 \leq GREENQ \leq 60$. This range is determined based on the frequency of vehicles simulated in the FTC system. Vehicle length was a constant value in the FTC system.

The linguistic variable of FE output is shown as the probability of change in the next cycle time (CHANGET). The CHANGET range is $0 \leq CHANGET \leq 1$.

Membership functions of REDQ and GREENQ have been shown in tab. 1, 2.

Table 1. Membership function of REDQ

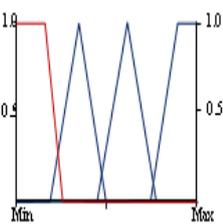
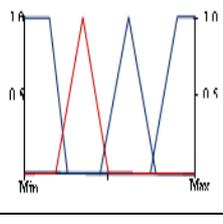
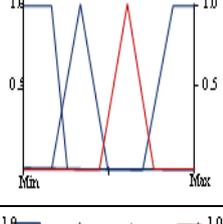
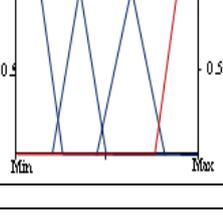
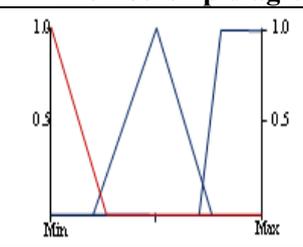
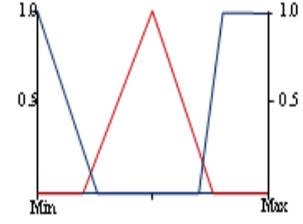
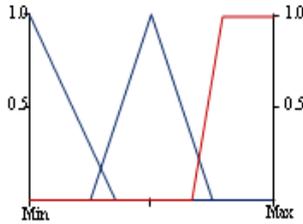
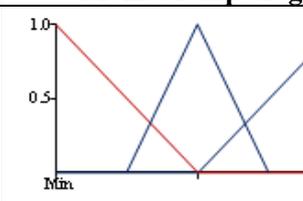
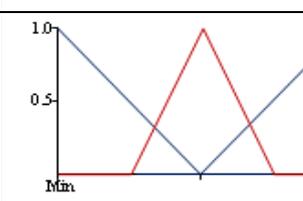
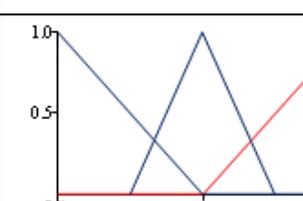
Fuzzy set	Membership diagram	Membership function
Low		$f(x: -20,0,16,25) = \begin{cases} 0 & x \leq -20 \\ \frac{x + 20}{20} & -20 < x = 0 \\ 1 & 0 < x \leq 16 \\ \frac{-x + 25}{9} & 16 < x \leq 25 \\ 0 & x > 25 \end{cases}$
Medium		$f(x: 16,35,50) = \begin{cases} 0 & x \leq 16 \\ \frac{x - 16}{17} & 16 < x = 35 \\ \frac{-x + 50}{17} & 35 < x \leq 50 \\ 0 & x > 50 \end{cases}$
Half		$f(x: 44,62,80) = \begin{cases} 0 & x \leq 44 \\ \frac{x - 44}{18} & 44 < x = 62 \\ \frac{-x + 80}{18} & 62 < x \leq 80 \\ 0 & x > 80 \end{cases}$
Full		$f(x: 75,90,100,120) = \begin{cases} 0 & x \leq 75 \\ \frac{x - 75}{15} & 75 < x = 90 \\ 1 & 90 < x \leq 100 \\ \frac{x + 120}{20} & 100 < x \leq 120 \end{cases}$

Table 2. Membership function of GREENQ

Fuzzy set	Membership diagram	Membership function
Low		$f(x: -15,0,20) = \begin{cases} 0 & x \leq -15 \\ \frac{x + 15}{15} & -15 < x \leq 0 \\ \frac{-x + 20}{20} & 0 < x \leq 20 \\ 0 & x > 20 \end{cases}$
Significant		$f(x: 16,28,40) = \begin{cases} 0 & x \leq 16 \\ \frac{x - 16}{12} & 16 < x = 28 \\ \frac{x + 40}{12} & 28 < x \leq 40 \\ 0 & x > 40 \end{cases}$
High		$f(x: 36,50,60,75) = \begin{cases} 0 & x \leq 36 \\ \frac{x - 36}{14} & 36 < x = 50 \\ \frac{x - 75}{15} & 50 < x \leq 60 \\ 0 & 60 < x \leq 75 \end{cases}$

CHANGET includes membership sets called probabilistic, feasible, and acceptable. The membership function has been reported in tab. 3.

Table 3. Membership function of CHANGET

Fuzzy set	Membership diagram	Membership function
Probabilistic		$f(x: 0,0.1,0.2) = \begin{cases} 0 & x \leq 0 \\ \frac{x}{0.1} & 0 < x \leq 0.1 \\ \frac{-x - 0.2}{0.1} & 0.1 < x \leq 0.2 \\ 0 & x > 0.2 \end{cases}$
Feasible		$f(x: 0.1,0.2,0.3) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.1 \\ \frac{x - 0.1}{0.1} & 0.1 < x \leq 0.2 \\ \frac{-x + 0.3}{0.1} & 0.2 < x \leq 0.3 \\ 0 & x > 0.3 \end{cases}$
Acceptable		$f(x: 0.1,0.2,0.3) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.1 \\ \frac{x - 0.1}{0.1} & 0.1 < x \leq 0.2 \\ \frac{-x + 0.3}{0.1} & 0.2 < x \leq 0.3 \\ 0 & x > 0.3 \end{cases}$

REDQ and GREENQ values are given from MSS to FE at the end of each traffic cycle. During this period, the defuzzification process begins, and membership values of the input will obtain. Then, the fuzzy reasoning engine runs, and possible rules will be evaluated using input membership values. In the next step, fuzzification CHANGET membership values are generated based on the rules derived from the inference engine, and then the COG method is applied to these output membership values to calculate the real CHANGET value. Finally, the real CHANGET value calculated for the next traffic cycle time setting is sent to MSS. Fig. 4 indicates the complete performance of FE.

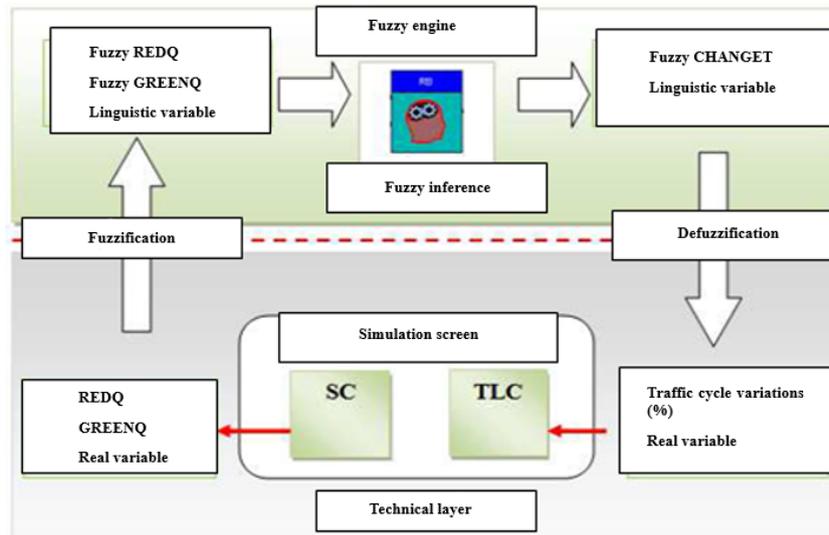


Fig. 4. Proposed FE function

Modeling an intersection. State vector in the displaying system's state space

As seen in fig. 5, sections 1 and 3 are taken as position 0 and sections 2 and 4 as position 1. Inputs are sent to the system via cameras after image processing [6]. Research [6] introduced the system's state space equations as equations 1 and 2. Equation 3 indicates the system's state vector.

$$X(n + 1) = AX(n) + B(n)S(n) + C(n); \tag{1}$$

$$y(n) = CX(n); \tag{2}$$

$$[Q_1(n)Q_2(n) \dots Q_M(n)W_1(n)W_2(n) \dots W_M(n)]^T. \tag{3}$$

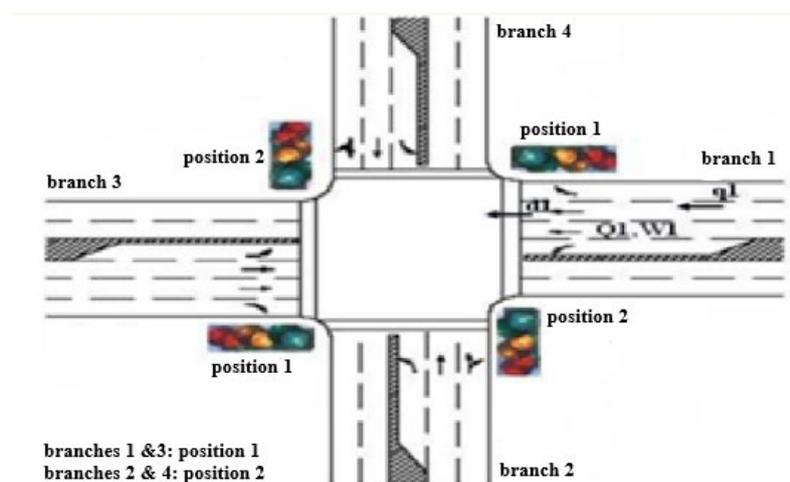


Fig. 5. Two positions in an intersection

Queue length is an important variable for traffic description in a junction. The queue has been defined based on the equation:

$$Q_i(n + 1) = Q_i(n) + q_i(n) - d_i(n)S_i(n), \tag{4}$$

$Q_i(n)$ – number of vehicles in the queue at time n ; $q_i(n)$: number of vehicles joined to queue i at time n ; $d_i(n)$ – number of vehicles exited the queue i at time n ; $s_i(n)$ – this value equals 0 for stop time and 1 for crossing time; $i = 0,1,2,3...M$: Traffic flow index; $n = 0,1,2,...N-1$: discrete time lags' index.

Position 0 shown as $(s_1, s_2, s_3, s_4) = (0,1,0,1)$ means green light in branches 2 and 4 and red light in branches 1 and 3; therefore, vehicles are allowed to pass in branches 2 and 4.

Moreover, position 0 shown as $(s_1, s_2, s_3, s_4) = (0,1,0,1)$ means green light in branches 1 and 3 and red light in branches 2 and 4; therefore, vehicles are allowed to pass in branches 1 and 3.

The second input of system state space (vehicle waiting time) has been defined in equation:

$$W_i(n + 1) = W_i(n) + TQ_i(n) + \frac{1}{2}Tq_i(n) - \frac{1}{2}Td_i(n)S_i(n),$$

$W_i(n)$ – vehicle' waiting time in the queue until time n ; T – length of discrete-time.

As equation 4 indicates, waiting time (stop time) in each interval is added to its previous value. Therefore, this variable represents the weight of traffic congestion in each position. Stop time in each interval is measured by deleting the term $W_i(n)$ from equation 5.

Equations 3 and 4 are the system's state variable in state space and describe traffic's dynamic changes in an intersection. Stop time and number of vehicles are two popular performance indicators that describe traffic control signals. In this case, stop time indicates system performance. Therefore, system optimizer performance is defined in equation:

$$\min\{W(n) = \sum_{i=1}^M W_i(n)\} .$$

The state formulae have been summarized in equation:

$$\begin{aligned} X(n + 1) &= AX(n) + B(n)S(n) + C(n) \\ y(n) &= CX(n) \end{aligned} .$$

where $S(n) = [S_1(n)S_2(n)...S_M(n)]^T$; $X(n) = [Q_1(n)Q_2(n)...Q_M(n)W_1(n)W_2(n)...W_M(n)]^T$ represent state and control variables.

Variable coefficients' matrixes and vectors are as follows:

$$\begin{aligned} A &= \begin{bmatrix} I_M & \mathbf{0} \\ TI_M & I_M \end{bmatrix}, \\ B(n) &= - \begin{bmatrix} d_1(n) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & d_2(n) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & d_M(n) \\ \frac{1}{2}Td_1(n) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{2}Td_2(n) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{2}Td_M(n) \end{bmatrix}, \\ C &= \begin{bmatrix} I_M & \mathbf{0} \\ 0 & I_M \end{bmatrix} . \end{aligned}$$

Simulation

Sensors are installed at a certain distance from the intersection with a maximum queue length of 50 vehicles. The maximum time of green light is 140s for trajectory 1 and 60s for trajectory 2. The mentioned times have been also considered for a fixed time state. Minimum green time equals 110s and 30s for trajectories 1 and 2, respectively. A totally, fuzzy decision was taken for the 30s. The number of vehicles that exit the queue i within the time n is consistent with the following formula:

$$d_i = \min(Q_i(n) + q_i(n), d_{si}(n)).$$

Therefore, the saturation flow rate is defined as follows:

$$d_{si} = d_{cons}(n) + \beta q_i(n).$$

Where d_{cons} is defined as $d_{cons} \geq 30$. The parameter β is a variable that varies between 0 and 1.

Table 4. Traffic position based on the parameter β

The Position of Traffic	B
Non-saturation	$\beta \geq 0.7$
Saturation	$0.6 \geq \beta \geq 0.4$
Oversaturation	$0.3 \geq \beta \geq 0.1$
Unstable	$\beta = 0$

This simulation was done using MATLAB software. The fuzzy toolbox of MATLAB is a useful tool used to create a fuzzy controller. The simulation was done in a length of 100 states.

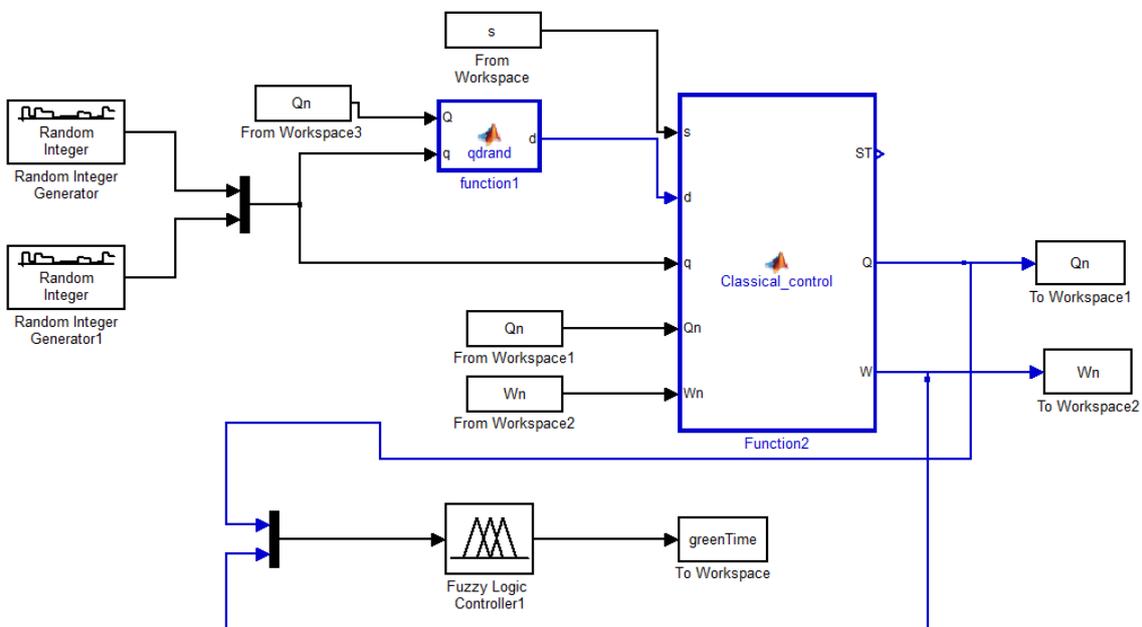


Fig. 6. Simulating diagram block of fuzzy control signals

Simulation Results

A fuzzy model was proposed for urban traffic networks in which, the average length of queues and vehicles' stop time in each trajectory were introduced as system parameters in each state. After the system was simulated and compared with the fixed time system, there was about 74.40 % time-saving with 100 states. Tab. 5 reports the maximum green light time in a fixed time state, i.e., red time was reduced. Therefore, there will be few vehicles on the red route.

Table 5. Comparison between green light time in each trajectory

Type of controller	Total green time
Fixed time	9940 seconds
Fuzzy	7488 s
Saved time	24.69 %

Moreover, green light duration in each state is shown for the fuzzy controller (fig. 7) and fixed time controller (fig. 8) for 100 states. Fig. 9, 10 depict the number of vehicles in each trajectory per state.

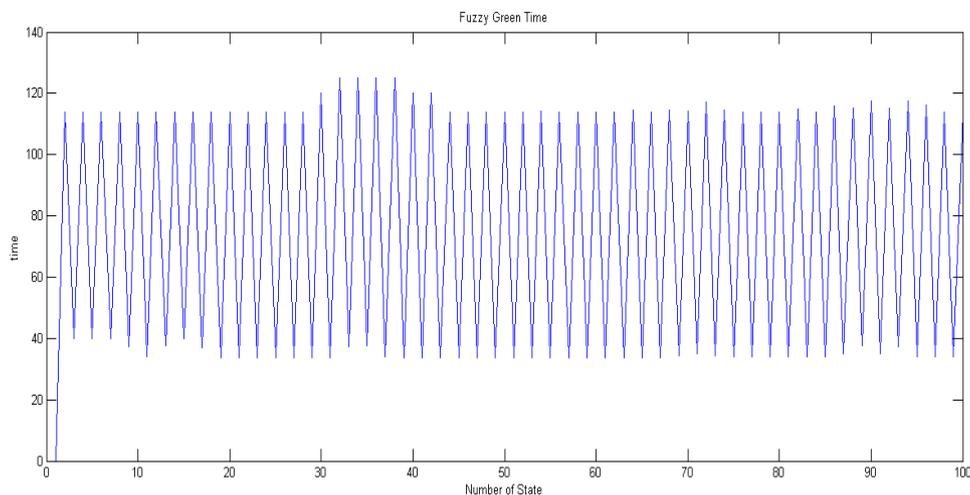


Fig. 7. Green time in the fuzzy controller system

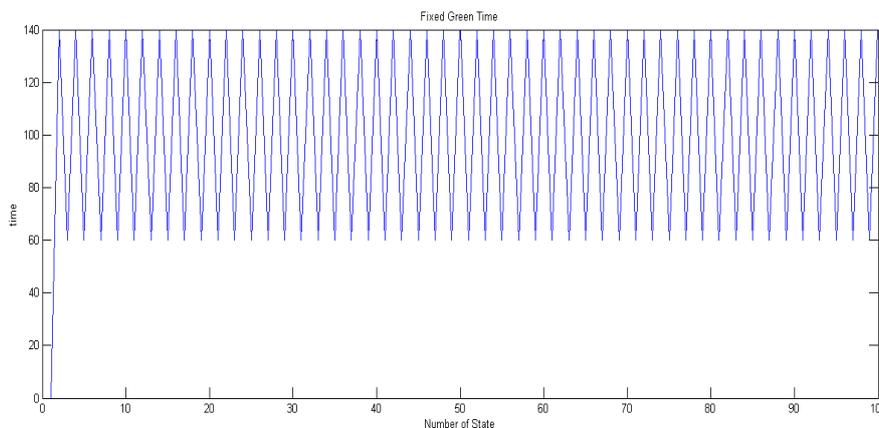


Fig. 8. Green time in the system without a fuzzy controller

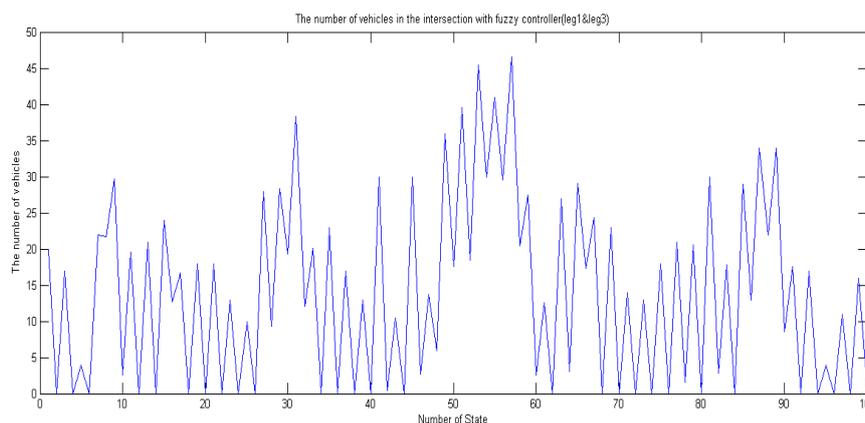


Fig. 9. Length of the queue in lines 1 and 3 (vehicle)

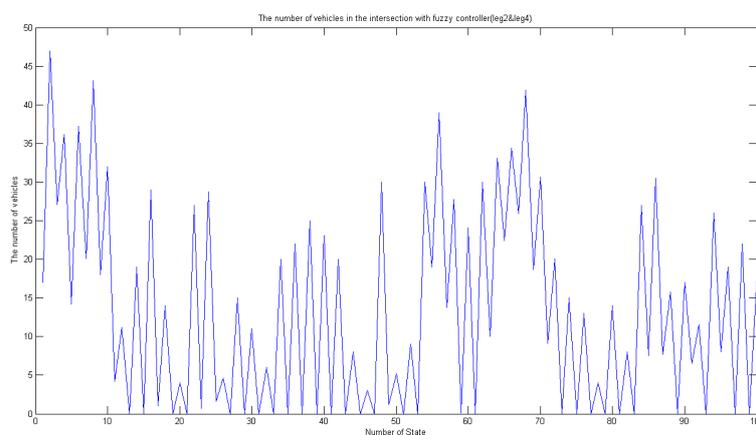


Fig. 10. Length of the queue in lines 2 and 4 (vehicle)

Conclusion

About 24.69 % of the time was saved in 100 states after simulating the proposed system and comparing it with the fixed time system. The suggested controller prevented green time maximization. If the suggested fuzzy controller could reduce the minimum green time, better results would be obtained. Therefore, this rate can be reduced in states with lower traffic congestion. The fuzzy controller has minimized the system complexity, so it could be implemented easily and inexpensively. Moreover, the lower the complexity reduces the system failure and facilitates its error correction. The conducted analyses indicate that the green counter function must be more investigated even if it can overcome jump and stop problems due to issues introduced in the study and high risk of Iranian drivers and high probability of accident risk. Therefore, a fuzzy controller does not require using a counter.

The results suggest considering the increase in the number of possible vehicles crossing states in the system and considering the time for pedestrian passing based on the number of crossing pedestrians.

Reference

1. Webster F.V. Traffic signal settings. Road Res. Lab, London, U.K, Paper, 1958.
2. Australian Road Research Board. Time-dependent expressions for the delay, stop rate, and queue length at traffic signals. Australian Road Res. Board, 1980.
3. Australian Road Research Board. Traffic signals: Capacity and timing analysis. Australian Road Res. Board, 1981.

4. J. Horn, N. Nafpliotis, D.E. Goldberg. A niched Pareto genetic algorithm for multi-objective optimization: Proc. First IEEE Conf. Evolutionary Computation. IEEE World Congr. Computational Intelligence. 1994. Vol. 1. P. 82–87.
5. Digital Wireless Communications IV // A Fuzzy System for Adaptive Network Routine. 2002. Vol. 4740. P. 189–196. SPIE.
6. Tsinghua science and technology // State-space equations and the first-phase algorithm for signal control of single intersections. 2007. Vol. 12. IEEE.
7. Menhaj M.B. Computational intelligence of fuzzy calculations, 2011.
8. Nakatsuyama M., Nagahashi H., Nishizuka N. Fuzzy logic phase controller for traffic junctions in the one-way arterial road: Proceedings of the IFAC 9th Triennial World Congress. Budapest, Hungary, 1984. P. 2865–2870.
9. Niittymäki J., Turunen E. Traffic signal control on similarity logic reasoning // Fuzzy Sets and Systems. 2003. Vol. 133. № 1. P. 109–131.
10. Lemelson J.H., Pedersen R.D., Pedersen S.R. Intelligent traffic control and warning system and method: pat. US6317058, B1. 2001.
11. Intelligent isolated intersection / D. Teodorovic [et al.]: Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Melbourne, Australia, 2001. Vol. 1. P. 276–279.
12. Traffic signal control using fuzzy logic and MOGA / W. Wei [et al.] // Man and Cybernetics: Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, 2001. Vol. 2. P. 1335–1340.
13. Kuo K.Y., Lin J. Application of fuzzy set theory to the change intervals at a signalized intersection // Fuzzy Sets and Systems. 2002. Vol. 129. № 3. P. 387–403.
14. The impact of different approximate reasoning methods on fuzzy signal controllers / M. A. P. Jacques [et al.]: Proceedings of the 13th Mini-EURO Conference (Handling Uncertainty in the Analysis of Traffic and Transportation Systems) and the 9th Mtg. EURO Working Group on Transportation (Intermodality, Sustainability and Intelligent Transportation Systems). Bari, 2002. P. 184–192.
15. Zeng R., Li G., Lin G. Adaptive traffic signals control by using fuzzy logic: Proceedings of the 2nd International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC '07), 2007.
16. Hu Y., Thomas P., Stonier R.J. Traffic signal control using fuzzy logic and evolutionary algorithms: Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC '07), 2007. P. 1785–1792.
17. Hierarchical fuzzy logic traffic controller for urban signalized intersections / Z. Yang [et al.]. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA'08), Chongqing, China, 2008. P. 5197–5202.
18. Cheng X., Yang Z. Intelligent traffic signal control approach based on a fuzzy-genetic algorithm: Proceedings of the 5th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD '08), Shandong, China, 2008. Vol. 3. P. 221–225.
19. Mohanaselvi S., Shanpriya B. Application of fuzzy logic to control traffic signals: AIP Conference Proceedings 2112. 020045, 2019. DOI: 10.1063/1.5112230.
20. Hanss M. Applied Fuzzy Arithmetic: An Introduction with Engineering Applications, Springer, Berlin, Germany, 2005.
21. Kaufmann A., Gupta M.M. Introduction to Fuzzy Arithmetic. NY, USA: Van Nostrand Reinhold Company, 1985.
22. D'Ans G.C., Gazis D.C. Optimal control of oversaturated store-and-forward transportation networks // Transportation Science. 1976. Vol. 10. № 1. P. 1–19.
23. Boettger and Siemens R. Optimal coordination of traffic signals in street networks: Proceedings of the 5th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation. Berkeley, Calif, USA, 1971.
24. Wen K., Yang W., Qu S. A stochastic adaptive traffic signal control model based on fuzzy reinforcement learning: Proceedings of the 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering. ICCAE '10, 2010. P. 467–471.

25. Pappis C., Mamdani E. A fuzzy logic controller for a traffic junction // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1977. Vol. 10. P. 707–717.
26. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // Fuzzy Sets and Systems. 1977. Vol. 26. № 12. P. 1182–1191.
27. Nakatsuyama M., Nagahashi H., Nishizuka N. Fuzzy logic phase controller for traffic junctions in the one-way arterial road: Proceedings of the IFAC 9th Triennial World Congress. Budapest, Hungary, 1984. P. 2865–2870.
28. Bisset R., Kelsey L. Simulation of traffic flow and control using conventional, fuzzy, and adaptive methods: Proceedings of the European Simulation Multiconference. York, UK, 1992.
29. Kelsey R., Bisset K., Jamshidi M. A simulation environment for fuzzy control of traffic systems: Proceedings of the 12th IFAC-World Congress. Sydney, Austria, 1993.
30. Dehghani, N., Irannejad, A. Study on effects of traffic lights' countdowns on drivers' performance: Tenth International Conference on Traffic Transportation Engineering. Tehran, 2010.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 20.06.2022

Принята к публикации: 10.11.2022

The information about article:

Article was received by the editorial office: 20.06.2022

Accepted for publication: 10.11.2022

Информация об авторах:

Масуме Закави, магистр электротехники по специальности электронные интегральные схемы кафедры электротехники факультета электроэнергетики университета Пайаме Нур в Северном Тегеране (Иран, Провинция Тегеран, г. Тегеран, ул. Нейкл, RG23+F4X), e-mail: M.Zakavi@pnu.ac.ir

Information about the authors:

Masoumeh Zakavi, master of electrical engineering in the specialty electronic integrated circuits of the department of electrical engineering of the faculty of electric power engineering of Payame Nur university in North Tehran (Iran, Tehran Province, Tehran, Nakhl str., RG23+F4X), e-mail: M.Zakavi@pnu.ac.ir

АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)»

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, подводится 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 рекомендуется подтверждать 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: тип статьи (научная, обзорная, редакционная, дискуссионная, рецензия и т.п.), 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 тексте 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 (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 (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.

Вниманию 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

Научная статья

УДК 614.8

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

✉ **Иванов Сергей Петрович.**

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

✉ *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

✉ **Ivanov Sergey P..**

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

✉ *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:

Иванов Сергей Петрович, 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, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

Information about the authors:

Ivanov Sergey P., 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, <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)**

№ 4 (44)–2022

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 29.12.2022. Формат 60×84_{1/8}
Усл.-печ. 10,75 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 82

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