

СОДЕРЖАНИЕ 3–2020

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

Коннова Л.А., Львова Ю.В., Руднев Е.В. О влиянии полярного сияния и геомагнитных бурь на техносферу и население в арктическом регионе.

Кузьмина Т.А., Завьялов Д.Е. Применение нанотехнологий в обеспечении пожарной безопасности объектов защиты.

Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей.

Савенкова А.Е., Завьялов Д.Е., Кондрашин А.В. Новые подходы к учету пожаров в целях повышения уровня пожарной безопасности в Российской Федерации.

Мельник О.Е., Сидоркин В.А., Чистяков А.А. Особенности и направления совершенствования противопожарной работы с маломобильными группами населения.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ложкина О.В., Онищенко И.А. Методика оценки выбросов опасных компонентов отработавших газов при пуске и прогреве двигателей автотранспортных средств в климатических условиях Арктики.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Поляков А.С., Кожевин Д.Ф., Константинова А.С. Оценка влияния формы поперечного сечения регулирующего насадка на распределение фракций в газопорошковом потоке.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ложкин В.Н. Исследование информационных аспектов обеспечения функционирования системы контроля безопасности объектов энергетики и транспорта.

Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Критерии эффективности задач инженерного обеспечения действий спасательных формирований.

Дворников С.С. Синтез гибридных сигналов для систем передачи информации.

Вилков В.Б., Черных А.К., Горшкова Е.Е. Задача распределения пострадавших от пожаров зданий по классам.

Десницкий В.А., Рудагин Н.Н. Моделирование атакующих воздействий типа DENIAL-OF-SLEEP в беспроводных сенсорных сетях.

Шевцов М.В. Формулирование математической модели профессионального тезауруса руководителя тушения пожара.

Буйневич М.В., Ахунова Д.Г., Ярошенко А.Ю. Комплексный метод решения типовой задачи риск-менеджмента в инфологической среде (на примере ранжирования требований пожарной безопасности). Часть 1.

Левчунец И.В., Максимов А.В., Метельков А.Н. Механизмы обеспечения информационной безопасности при интеграции ведомственных автоматизированных систем.

Буйневич Д.В., Матвеев А.В., Покусов В.В. Способ оценки информационно-технического взаимодействия. Часть 1. Модели информационных систем.

Остудин Н.В., Бутузов С.Ю. Методологические основы анализа рисков возникновения природных пожаров на основе данных космического мониторинга.

Шидловский Г.Л., Лимонов Б.С., Вострых А.В. Алгоритм оценки графической архитектуры специализированных программных средств используемых в подразделениях МЧС России.

Королев Д.С., Вытовтов А.В. Эффективность применения цифрового способа прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки.

Лабинский А.Ю. К вопросу разработки средств имитационного моделирования.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Мартинovich Н.В., Калач А.В., Мельник А.А. Применение параметрического подхода при анализе и оценке информационного потока документооборота пожарно-спасательного подразделения.

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Винокуров В.А., Корчуков А.А. Отдельные вопросы правового положения работников Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов.

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Булат Р.Е., Лебедев А.Ю., Никитин Н.А., Байчорова Х.С. Психолого-педагогические ресурсы повышения готовности обучающихся к образовательному процессу в условиях электронной информационно-образовательной среды.

Сведения об авторах

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

УДК 574.68.57.031

О ВЛИЯНИИ ПОЛЯРНОГО СИЯНИЯ И ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ НА ТЕХНОСФЕРУ И НАСЕЛЕНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

Ю.В. Львова;

Е.В. Руднев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются явления северного сияния и магнитных бурь как проявления космической погоды. Приведены наиболее известные в истории техногенные катастрофы, связанные с данными явлениями. Обсуждается влияние космической погоды на техносферу и биосферу полярных и приполярных областей Земли.

Ключевые слова: северное сияние, полярные бури, космическая погода, влияние на техносферу, здоровье человека

ON THE EFFECT OF AURORAS AND GEOMAGNETIC STORMS ON THE TECHNOSPHERE AND POPULATION IN THE ARCTIC REGION

L.A. Konnova; Yu.V. Lvova; E.V Rudnev.

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

The phenomenon of the northern lights and magnetic storms as manifestations of space weather are considered. The most famous in the history of technological disasters associated with these phenomena are presented. The influence of space weather on the technosphere and biosphere of the polar and subpolar regions of the Earth is discussed.

Keywords: northern lights, polar storms, space weather, impact on the technosphere, human health

В полярных широтах периодически возникает свечение верхних слоев атмосферы, известное как полярное или северное сияние, по-научному – авроральное, самое яркое среди многочисленных свечений атмосферы. Полярные сияния признаны одним из самых красивых природных явлений и, наряду с белыми медведями, являются символом Арктики. Ежегодно большое количество туристов посещает Север России для наблюдения за северным сиянием. Но красота сияния имеет и негативные стороны – проблемы, обусловленные влиянием на технические системы и человека [1].

Природа полярного сияния стала понятна после открытия в середине прошлого века «солнечного ветра», сделанного на одном из советских спутников [2]. Это поток плазмы и заряженных частиц, исходящих от Солнца, от которого Земля защищена сильным магнитным полем. Сталкиваясь в Северном и Южном полушарии с земной атмосферой, солнечный ветер создает напряжение, преобразующееся в свет, что и является северным сиянием (рис.).

Солнце и Земля связаны сложной цепочкой плазменных процессов, которые при вхождении в магнитосферу Земли объединены одним термином – «космическая погода». Проявлением космической погоды на Земле и являются такие явления, как северное (авроральное) сияние, магнитные бури и геомагнитные суббури. Магнитосфера поглощает энергию солнечного ветра и защищает Землю от потоков солнечной плазмы и космической радиации, исключения представляют полярные области, представляющие собой как бы экран, на котором проецируются основные проявления космической погоды в магнитосфере. Потоки заряженных частиц вызывают в земной ионосфере электрические токи, создающие вторичные магнитные поля и возмущающие геомагнитное поле. Активность солнечного ветра возрастает после солнечных вспышек, поэтому прогноз вспышек на солнце очень важен. Отслеживание солнечных вспышек и мониторинг космической погоды проводится группой космических аппаратов, находящихся очень далеко от Земли. Это важно не только для исследования космоса и безопасности космических полетов, но и для понимания роли космической погоды в жизнедеятельности населения Земли. Все живые организмы на территории Арктики и все технические системы и конструкции подвержены опасному влиянию космической погоды.



Рис. Северное сияние

С практической точки зрения прогнозы космической погоды очень важны для жизнедеятельности в Арктике, поскольку космическая погода влияет на биосферу и техносферу. Полярные сияния и магнитные бури создают в замкнутых системах индукционные токи – на нефте- и газопроводах, линиях электропередач и других кабельных сетях и нарушают работу компаса, полностью отключают радиосвязь, вызывают сбои в навигационных системах, выводят из строя радары. Возникают катастрофические ситуации, приводящие к чрезвычайным ситуациям. В таблице приведены наиболее крупные катастрофы, связанные с геомагнитными бурями и полярными сияниями. Гигантская солнечная вспышка в сентябре 1859 г. была причиной самого известного солнечного шторма, которой получил название «Событие Кэррингтона» – по имени астронома, наблюдавшего эту вспышку. Кэррингтон наблюдал за вспышками на Солнце и связал наблюдаемую

им хромосферную вспышку с разразившейся магнитной бурей, которая вывела из строя телеграфные линии. Поток частиц от Солнца двигался к Земле со скоростью более 6 млн км/ч, образовалось северное сияние, зарегистрированное во многих частях света [3]. К наиболее известным негативным последствиям магнитных бурь в истории Земли относятся: буря 1940 г., произошедшая 24 марта, которая нарушила электроснабжение в Новой Англии, г. Нью Йорке, Пенсильвании, Миннесоте, г. Квебеке и Онтарио, перегрузка в 2600 В была зарегистрирована в Атлантическом кабеле между Шотландией и Ньюфаундлендом; буря 1989 г., произошедшая 13 марта, сопровождалась полярными сияниями на Аляске, в Скандинавии, на побережье Средиземного моря и в Японии. В то же время буря повредила трансформатор на атомной станции в г. Салеме, Нью Джерси, США. Позднее выяснилось, что даже небольшая добавка постоянного тока выводит из строя трансформатор, предназначенный для преобразования переменного тока. Такая добавка блокировала работу высоковольтной сети в г. Квебеке и на 9 ч оставила 6 млн человек без электричества. В марте 1989 г. и октябре 1991 г. Американский совет по энергетической надежности отнес магнитные бури в ту же категорию, что и ураган Хьюго, и землетрясение в г. Сан-Франциско – по масштабу ущерба, нанесенного национальной экономике.

Возможность техногенных аварий существует не только на трансформаторах, предназначенных для преобразования переменного тока, но и на всех предприятиях, где широко используются различные электротехнические установки, системы передачи и переработки информации, навигации и других устройствах, а также линиях связи, электропередач, трубопроводах и рельсах железных дорог.

Таблица. Пример катастроф, вызванных магнитными бурями

Дата	Явление	Место катастрофы	Последствия катастрофы
13 марта 1989 г.	Магнитная буря – полярное сияние	Аляска, Скандинавия, побережье Средиземного моря, Япония	Разрушен трансформатор на АЭС в г. Салеме, Нью-Джерси США. Вышла из строя ЛЭП в г. Квебеке (9 ч без электричества остались 6 млн чел.)
24 марта 1940 г.	Магнитная буря	Новая Англия, Нью-Йорк, Пенсильвания, Миннесота, Квебек, Онтарио; Между Шотландией и Ньюфаундлендом	Нарушено электроснабжение. Перегрузка в 2600 В

Техногенные катастрофы в Канаде и США в результате магнитных бурь происходят значительно чаще, чем в Европе. Полоса широт, на которой регистрируются самые яркие полярные сияния и магнитные бури, называется авроральной зоной. В центре – магнитный полюс, он смещен от географического полюса в сторону Канады, авроральная зона в системе географических координат смещена в сторону Северной Америки. Но существует серьезная футуристическая проблема, которая связана с инверсией магнитного поля Земли. Согласно наблюдениям за Солнцем, инверсии происходят периодически, с периодом 11 лет. В результате магнитосфера в будущем ослабеет и Земля не будет защищена от солнечной радиации [4].

Кроме влияния на технические структуры космическая погода оказывает влияние на живые организмы. Существует наука гелиобиология [5], которая является разделом биофизики, основоположником которой является наш соотечественник – выдающийся ученый А.Л. Чижевский (1897–1964) [6]. Чижевский А.Л. впервые открыл связь между колебаниями активности Солнца (вспышками на Солнце) и повышением активности микроорганизмов на Земле, ростом инфекционных заболеваний и вспышкой эпидемий. На основании статистического анализа он доказал, что высокая солнечная активность сопровождалась эпидемиями гриппа, холеры, чумы и другими страшными заболеваниями, которые уносили огромное число человеческих жизней. Кроме того, повышение активности Солнца совпадало с увеличением числа природных катаклизмов (наводнений, землетрясений) и социальных катаклизмов. Позднее, в 80-е гг. XX столетия, выявлено, что в результате повышения солнечной активности происходит рост сердечно-сосудистых и нервных заболеваний и существует связь между количеством транспортных происшествий (авиационных, автомобильных и железнодорожных) и солнечной активностью. Сегодня широко известно, что влиянию гелиогеофизических факторов подвержены более всего лица из групп риска – с патологией.

После открытия А.Л. Чижевского с 1930 г. стали проводить регулярные наблюдения на ионосферных станциях в Англии, США и России. Сегодня основная задача гелиобиологии состоит в выяснении природы факторов, влияющих на живые организмы. К таким факторам относят, прежде всего, вариации магнитного поля.

Итак, воздействие магнитных бурь на технические объекты, иногда катастрофические, вызывает индукционное электрическое поле, возникающее при быстром изменении напряженности магнитного поля на Земле. Период возрастания активности Солнца, установленный А.Л. Чижевским и подтвержденный последующими исследованиями в XX столетии, в среднем составляет 11 лет – солнечные циклы отслежены на протяжении 300 лет и предпринимаются попытки прогнозирования максимальной активности будущих циклов [7].

Существует предположение, что одним из факторов, влияющих на человека во время северного сияния, может быть инфразвук. Полярное сияние сопровождается активным инфразвуком, не осязаемым на слух. Инфразвук непредсказуем: неизвестно, какие изменения при этом происходят с мозгом и сердечно-сосудистой системой человека [8]. Поэтому стать свидетелем северного сияния – означает подвергать себя неизвестной опасности для организма. Например, инфразвук признают причиной многих трагедий, происходящих в море. Незначительное воздействие инфразвука влечёт за собой морскую болезнь, более сильное воздействие инфразвука вызывает нарушения функций мозга, иногда до лишения зрения и слуха, а инфразвук в 7 герц приводит к остановке сердца. По мнению ученых, легенды о морских sireнах, манящих мореплавателей, напрямую связаны с полярным сиянием и действием инфразвука.

Таким образом, принимая во внимание все сказанное, можно заключить, что прогноз космической погоды важен не только для космонавтики, но имеет значение для обеспечения безопасности в Арктическом регионе. Кроме того, следует внимательнее относиться к проблеме движения магнитных полюсов Земли [4]. Сегодня северный магнитный полюс находится в канадской части Арктики, и авроральная зона спускается там до заселенных широт, а в российской части смещена к полюсу. Но через несколько десятков лет, из-за постепенного сдвига северного магнитного полюса в сторону России, негативные проявления солнечной активности будут влиять на освоение российской Арктики.

Литература

1. Воздействия магнитных бурь на техносферу // Журнал все о космосе. URL: <https://kipmu.ru/severnoe-siyanie/> (дата обращения: 13.05.2020).
2. Богачев С.А. Космическая погода // Химия и жизнь. 2019. № 2. С. 10–15.

3. Авакян С.В., Воронин Н.А, Дубаренко К.А. Влияние магнитных бурь на аварийность систем электроэнергетики, автоматики и связи. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 160 с.
4. Зеленый Л.М. Космическая погода сегодня и послезавтра // Вестник РАН. 2015. Т. 85. № 5-6. С. 507–510.
5. Бреус Т.К., Раппопорт С.И. Возрождение гелиобиологии // Природа. 2005. № 9. С. 54–62.
6. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 366 с.
7. Коннова Л.А., Артамонова Г.К. О космогенных факторах и катастрофах на Земле // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2011. № 2. С. 15–19.
8. Коннова Л.А. Экологические проблемы инфразвука (обзор литературы) // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России. 2003. № 1. С. 63–70.

References

1. Vozdejstviya magnitnyh bur' na tekhnosferu // Zhurnal vse o kosmose. URL: <https://kipmu.ru/severnoe-siyanie/> (data obrashcheniya: 13.05.2020).
2. Bogachev S.A. Kosmicheskaya pogoda // Himiya i zhizn'. 2019. № 2. S. 10–15.
3. Avakyan S.V., Voronin N.A, Dubarenko K.A. Vliyanie magnitnyh bur' na avariynost' sistem elektroenergetiki, avtomatiki i svyazi. SPb.: Gidrometeoizdat, 1993. 160 s.
4. Zelenyj L.M. Kosmicheskaya pogoda segodnya i poslezavtra // Vestnik RAN. 2015. Т. 85. № 5-6. S. 507–510.
5. Breus T.K., Rappoport S.I. Vozrozhdenie geliobiologii // Priroda. 2005. № 9. S. 54–62.
6. Chizhevskij A.L. Zemnoe ekho solnechnyh bur'. М.: Mysl', 1976. 366 s.
7. Konnova L.A., Artamonova G.K. O kosmogennyh faktorah i katastrofah na Zemle // Nauch.-analit. zhurn «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2011. № 2. S. 15–19.
8. Konnova L.A. Ekologicheskie problemy infrazvuka (obzor literatury) // Vestnik Sankt-Peterburgskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2003. № 1. S. 63–70.

УДК 614.84:620.3

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук;

Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрено обеспечение исполнения требований законодательства в области пожарной безопасности в период оптимизации, реформирования и совершенствования работы контрольно-надзорных органов МЧС России. Приведен перечень отдельных нанопроектов, перспективных с точки зрения использования в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. Проанализирована взаимосвязь реализации инновационных научных достижений и совершенствования методов и способов эффективного функционирования контрольно-надзорных органов МЧС России. Сделан вывод о необходимости постоянного совершенствования уже созданных наноматериалов и нанотехнологий.

Ключевые слова: нанотехнологии, наноматериалы, нанометровый масштаб, световые датчики, наноаккумулятор, нанопокрyтия, эпиламы

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN ENSURING FIRE SAFETY OF SUBJECTS TO PROTECTION

T.A. Kuzmina; D.E. Zavyalov.

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

Ensuring compliance with the requirements of the legislation in the field of fire safety during the period of optimization, reform and improvement of the work of the supervisory bodies of Emercom of Russia was considered. A list of individual nanoprojects promising for use in the field of fire safety of protection facilities is given. The relationship between the implementation of innovative scientific achievements and the improvement of methods and ways of effective functioning of control and supervisory bodies of Emercom of Russia has been analyzed. It was concluded that it is necessary to constantly improve the already created nanomaterials and nanotechnologies.

Keywords: nanotechnologies, nanomaterials, nanometer scale, light sensors, nanoaccumulator, nanocoverings, epilama

Деятельность контрольно-надзорных органов МЧС России направлена на обеспечение исполнения требований законодательства в области пожарной безопасности¹. Оптимизация, реформирование и совершенствование работы данных структур направлены на предупреждение и исключение в дальнейшем нарушений требований пожарной безопасности гражданами, что является гарантом безопасности жизни и здоровья населения, а также сохранности имущества. Для реализации подобных мероприятий контрольно-надзорными органами МЧС России создаются целые системы механизмов, при правильной организации которых обеспечивается пожарная безопасность объектов защиты [1].

¹О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. и доп.).

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм. и доп.).

Актуальность исследования данной статьи заключается в тесной взаимосвязи между возможностями совершенствования методов и способами деятельности контрольно-надзорных органов МЧС России при обращении к последним достижениям научных разработок.

Огромный интерес в настоящее время проявляется к структурам нанометрового масштаба, составляющих основу нанотехнологических достижений в различных видах деятельности, поскольку они способны проявлять уникальные качества и, как следствие, представляют собой перспективу совершенствования будущих разработок.

Нанотехнологии, которые в перспективе могут эффективно использоваться в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты

В настоящее время уже разработано большое количество нанопроектов, требующих доработок и совершенствования, часть из которых уже достаточно близка к производству.

Рассмотрим наиболее существенные нанодостижения, играющие значимую роль в осуществлении деятельности в области обеспечения пожарной безопасности и работы контрольно-надзорных органов МЧС России.

Одним из таких проектов является создание датчика взрывоопасных газов (рис. 1).



Рис. 1. Датчик взрывоопасных газов

Для структур МЧС России данная разработка представляет особую значимость, поскольку датчик интенсивно используется в зонах техногенных катастроф и аварий, в том числе на предприятиях повышенного уровня опасности.

Наблюдательный совет «Роснано» одобрил выпуск малогабаритных датчиков, государственная корпорация «Роснано» проинвестировала выпуск готовой продукции. Особая уникальность разработки состоит в применении полупроводниковых поликристаллических нанонаслоев при поточном изготовлении первоисточника излучения и фотогоальванических приемников, представляющих собой сердцевину датчика.

Созданный проект включил в себя программу создания сразу трех видов датчиков для установки в стационарных и портативных анализаторах газа, способных своевременно обнаруживать наличие взрывоопасных газов. Такие приборы крайне востребованы для обеспечения оптимального уровня пожарной безопасности в различных областях промышленности: угольной, нефтехимической, нефтегазовой, а также жилищно-коммунальном хозяйстве, и в том числе способствуют облегчению контроля со стороны

контрольно-надзорных органов МЧС России по соблюдению надлежащего уровня пожаробезопасности [2].

Массовое производство на промышленном уровне таких датчиков способствует избавлению от проблем в использовании, а именно:

- сложность использования во влажной среде;

- невозможность бесперебойного использования прибора в силу необходимости периодической зарядки элементов питания.

Инфракрасный оптический датчик обладает высокоскоростным реагированием, около 5,5 сек., в отличие от уже имеющихся, со скоростью реакции примерно 10 сек. Этот прибор способен к работе в условиях высокой влажности, а также при полном отсутствии кислорода, что крайне важно при аварийно-спасательных работах (АСР) в условиях пожара. Датчик отличается от аналогичных агрегатов прошлого поколения низким уровнем электропотребления, что позволяет ему быть востребованным на отечественном и даже мировом рынке, так как этот нанопроduct имеет значительный экспортный потенциал [3].

Было решено проинвестировать этот проект в объеме 571,5 млн руб. В процессе разработки принимала участие такая известная компания по производству высокочувствительных датчиков, как «Alphasense», которая также выделила 1,5 млн фунтов стерлингов на разработку направлений сбыта готовой продукции (компания в том числе занимается изготовлением полупроводниковых, каталитических, а также оптических и электрохимических датчиков фотоионизационных детекторов). Одним из крупнейших изготовителей газоанализаторов является ООО «ЭМИ», деятельность которого заключается в разработке и производстве анализаторов газа как воздушной, так и водной среды, также принявшего непосредственное участие в совершенствовании нанодатчиков нового поколения, ставших неотъемлемой частью при обеспечении пожарной безопасности населения и промышленных объектов [4].

Следующий нанопроduct, заслуживающий отдельного внимания, это сверхтвердые режущие инструменты и другие высокопрочные материалы, обладающие эффектом памяти формы, производящиеся на основе никелида титана. Все эти приборы имеют прямое назначение в процессе осуществления АСР. В условиях манипуляций при пожаре свойства таких материалов являются крайне выгодными и удобными.

В первоначальном состоянии изделие представляет собой правильную структуру. В процессе деформации внешняя сторона изделия вытягивается, а внутренняя сжимается. В условиях нагревания проявляется термоупругость пластин, которая направлена на возвращение изделия в первоначальное состояние. В итоге внутри материала происходит автодеформация в противоположную сторону, что и способствует возврату материала в исходное состояние при охлаждении металла, обладающего подобными свойствами.

Интенсивность эффекта памяти формы напрямую зависима от марочных характеристик полученного сплава с определенным химическим составом. Свойство эффекта памяти способно сохраняться несколько миллионов циклов. Передовым сплавом, обладающим эффектом памяти, является никелид титана. Состав этого эквиатомного интерметаллида – 55 массовых процента никеля. Температура его плавления составляет 1 240–1 310 °С. Первоначальная структура представлена кубической решеткой, которая при деформации в условиях повышенных температур имеет особенность мартенситного превращения. Именно это уникальное свойство предопределило широкое использование режущих инструментов из никелида титана в условиях высоких температур [5].

Еще одно достижение нанотехнологии в области обеспечения пожарной безопасности – светодиодная техника (рис. 2).

Подобное изобретение имеет прямое значение при работе МЧС России в условиях АСР.

Светодиоды представляют собой абсолютно новый вид источника света, выполненного из полупроводниковых элементов. Один и тот же кристаллик способен излучать свет абсолютно разной палитры, определяемый шириной зоны в полупроводнике.

У каждого полупроводника имеется своя индивидуальная ширина зоны его слоя. Таким образом, можно устанавливать цвет, необходимый в определенных обстоятельствах.



Рис. 2. Сверхъяркие светодиоды с силой света 10–15 тыс. кандел

Широкое применение светодиоды получили в различных областях промышленности. В том числе они используются для оснащения пожарной сигнализации. В силу своих небольших размеров, они легко встраиваются в самые маленькие элементы пожарного оборудования, не требуют периодической подзарядки и способны работать в режиме подключения достаточно длительное время [6].

Светодиодные лампочки очень трудно разрушить, они используются в фонарях, эксплуатирующихся во время пожаров или задымления. Подобное устройство способно светить в любую погоду, при различном диапазоне температур и при любой влажности, оно быстро включается, не подвержено поломкам и выходу из строя, что крайне важно в условиях экстренных работ.

Следующий нанопроduct, заслуживающий внимания – это реметаллизанты, которые благодаря своим уникальным свойствам способны продлевать срок службы пожарного оборудования и спецтехники. Этот продукт представлен ионной добавкой в виде порошка к топливно-смазочным материалам. Используя эффект переноса при трении эти присадки металлоплакируют трущиеся поверхности деталей механизмов, в результате чего износостойкость увеличивается в несколько сотен раз. RESURS Next – одна из новейших разработок нашего поколения. Наночастицы этой присадки, представляющие собой сплав серебра, меди и олова, невероятно малы и активны, способны к непрерывному процессу восстановления деталей механизмов [7].

Нанопокрyтия (эпиламы) предназначены для увеличения коррозионной износостойкости механизмов, защите от влаги, температур, пыли и радиации, для предотвращения разрушения поверхностей механизмов с помощью нанотехнологий молекулярных пленок – уникальная возможность защиты пожарного оборудования и спецтехники.

Эпилам представляет собой состав, который наносится на защищаемую поверхность. После испарения растворителя на мареале остается молекулярная пленка, которая обладает свойством защиты, то есть срок эксплуатации оборудования продлевается.

В настоящее время совершенствование в области создания уникальных эпилам предполагает ряд комплексных исследований с учетом условий конкретизированной

ситуации, определяющей необходимость создания сплошной или несплошной пленки, либо мозаичной структуры при работе в условиях низких температур.

При покрытии тонкой пленкой твердых тел образуются слои ориентированных молекул, изменяющие общие свойства обрабатываемой поверхности. При этом увеличиваются триботехнические свойства деталей. Структура противозносного процесса слоя определяется упорядоченностью среды смазочного материала. Вследствие чего несущая способность пленки усиливается, а коэффициент трения уменьшается [8].

На сегодняшний день эпиламы широко используются при производстве механизмов, деталей, радиотехнических и электронных устройств пожарной техники, а также при производстве металлорежущего инструмента высокой прочности. Однако возможности покрытий эпилам до сих пор не изучены достаточно глубоко для их использования в еще более широком масштабе. Различные виды смазочных композиций предназначены для восстановления узлов и агрегатов аварийно-спасательных машин и спецтехники.

Наноаккумуляторы представляют собой отдельный продукт достижений современных технологий, который играет далеко не последнюю роль и в области пожарной безопасности. Этот агрегат обладает малым током саморазряда, а также, несмотря на небольшие размеры, имеет повышенную емкость [9].

Кремний обладает способностью удерживать внутри себя лития в 10 раз больше в сравнении с обычным аккумулятором, что предполагает наличие наибольшей плотности энергии на аноде, способствующее значительному снижению массы используемого аккумулятора. В ближайшее время прогнозируется увеличение площади поверхности анода, что приведет к значительному ускорению зарядки и разрядки аккумулятора.

Начальные исследования, проведенные на кремниевом аноде, не приводили к положительным результатам вследствие способности кремния растрескиваться и тем самым выводить анод из работоспособного состояния. Нанопроводник не имеет подобных недостатков, что значительно облегчает работу с ним. Для получения максимальной плотности хранения агрегата необходимо усовершенствовать анод путем эквивалентного изменения катода.

Уникальность созданного наноаккумулятора заключается в наличии нанокомпозитного слоя, представленного двумя компонентами, которые объединяет механическая смесь. Металлический магний (первый компонент) находится в форме нанокристаллов, а специальный полимер (вторая составляющая) выполняет функцию однородной среды, которая содержит в себе элементы магния. Схематично подобное устройство показано на рис. 3.

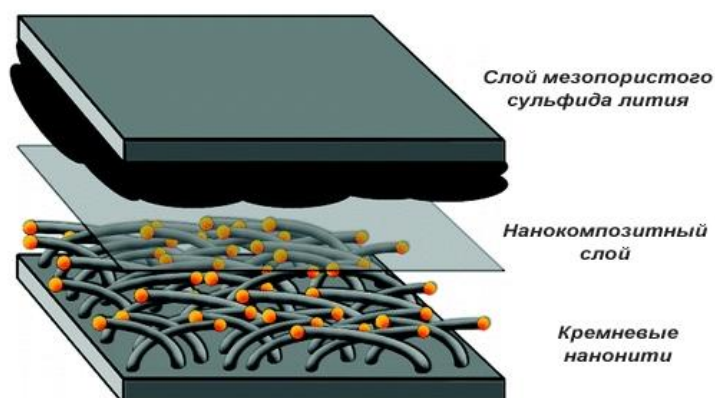


Рис. 3. Наноаккумулятор с использованием нанокомпозитного слоя

Еще одно значительное преимущество данной разработки заключается в его относительной дешевизне, так как в его производстве не используются катализаторы, ранее используемые в агрегатах на водородном топливе.

Наноаккумуляторы относят к одним из важнейших достижений при использовании в специальной технике пожаротушения.

В настоящее время ученые работают над вопросом возможности увеличения емкости до уровня, превышающего 6 % от массы наноаккумулятора.

В исследовании возможностей нанотехнологий в обеспечении пожарной безопасности нельзя не остановиться на новейшей разработке капсулирования газового огнетушащего вещества.

Рассмотрим две группы газов:

– инертные газы, обладающие способностью исключения попадания кислорода в зону горения;

– хладоны, которые интенсивно снижают температуру в области пожара до уровня, когда процесс горения становится невозможным.

Принцип действия этой технологии заключается в поступлении газовой смеси на объект возгорания, которая обладает рядом свойств:

– замедление реакции горения;

– уменьшение температуры в области очага возгорания;

– исключение возможности проникновения кислорода к месту пожара.

Газ достаточно быстро способен заполнить объем всего помещения и не зависит от наличия перегородок или сложности планировки. Правильная организация и выбор средств пожаротушения позволяет устранить очаги возгорания за 30 сек. и менее. Что немаловажно, при таком способе устранения пожара документы, мебель и другие предметы, находящиеся в помещении, не подвержены порче.

Изобретение солнечных модулей электрических конструкций, а также каскадные солнечные элементы позволили аварийно-спасательным группам работать электрическими инструментами в условиях отсутствия стационарных источников питания, что значительно облегчило работу пожарных и спасателей.

Сегодня огромное количество сил и времени ученых направлено на разработку наноматериалов при изготовлении спецодежды для специалистов МЧС России. Материал было решено изготавливать методом механохимического синтеза. Ткани для изготовления спецодежды сотрудников пожарных расчетов металлизированы в своей основе. Хитозановое волокно является базовым при пошиве одежды для пожарных и спасателей, а также персонала медицины катастроф.

Проанализировав существующие наноразработки в области обеспечения пожарной безопасности и работы контрольно-надзорных органов МЧС России, можно с большой долей уверенности констатировать, что на данном этапе развития новых технологий необходимо грамотное формирование потребителей нанотехнологий в будущем, которые смогут обеспечить максимально эффективное использование произведенного продукта.

Необходимо постоянное совершенствование уже созданных наноматериалов и нанотехнологий. Крайне важна разработка принципиально новых наноматериалов, которые будут способны усилить приоритеты в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты [10], обеспечение глубоких детальных исследований в области применения продуктов нанотехнологии в специализированной технике пожаротушения.

Для достижения максимальных результатов в области совершенствования нанотехнологий необходимо обеспечение исследовательской инфраструктуры новейшим приборным оснащением, современными инструментами и приборами. Возможность доступа персонала к синхротронным и нейтронным модулям позволит значительно повысить уровень исследовательских разработок в Российской Федерации.

Внедрение вышеизложенных исследовательских достижений существенно повысит уровень проведения АСР, способов и методов обеспечения пожарной безопасности объектов защиты.

Литература

1. Завьялов Д.Е., Юнцова О.С., Зыбина О.А. Исследование элементов системы противопожарной защиты объектов (на примере огнезащитных вспучивающихся композиций на основе интеркалированного графита) // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 1. С. 35–42.
2. Balanyuk V.M. The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves // Safety & Fire Technique. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 72–86.
3. Получение прозрачных проводящих нанокристаллических пленок оксида цинка методом импульсного лазерного осаждения / Е.Г. Замбург [и др.] // Фундаментальные исследования. 2012. № 11-2. С. 373–376.
4. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологий в технике. М.: МГОУ, 2006. 241 с.
5. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учеб. пособие / Н.А. Азаренков [и др.]. Харьков: Нац. ун-т им. В.Н. Каразина, 2009. 69 с.
6. Грязнов С.Н., Малышев В.П. Обоснование предложений по дальнейшему развитию системы технического оснащения спасательных сил МЧС России на долгосрочный период // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 1 (8). С. 34–50.
7. Ageev O.A., Zamburg E.G., Mikhailichenko A.V., Ptashnik V.V. Temperature effect on the electrical properties of nanostructured ZnO and VOx films // Proc. of «Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy» Symposium and Summer School, Moscow-Zelenograd, Russia, 2011. September 12–16.
8. Lukaszczuk P. The Application of Nanotechnology in Fire Protection // Safety & Fire Technique. 2016. Vol. 42. No. 2. P. 95–102.
9. Выделение индикаторных пожарных газов при окислении угля на стадиях самонагрева и беспламенного горения / В.Г. Игишев [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 4. С. 55–59.
10. Анализ проблем возможного применения наноматериалов и нанотехнологий в интересах МЧС России / О.А. Медведев [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2014. № 1 (39). С. 62–67.

References

1. Zav'yalov D.E., Yuncova O.S., Zybina O.A. Issledovanie elementov sistemy protivopozharnoj zashchity ob"ektov (na primere ognezashchitnyh vspuchivayushchihsya kompozicij na osnove interkalirovannogo grafita) // Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2017. № 1. S. 35–42.
2. Balanyuk V.M. The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves // Safety & Fire Technique. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 72–86.
3. Poluchenie prozrachnyh provodyashchih nanokristallicheskih plenok oksida cinka metodom impul'snogo lazernogo osazhdeniya / E.G. Zamburg [i dr.] // Fundamental'nye issledovaniya. 2012. № 11-2. S. 373–376.
4. Kovshov A.N., Nazarov Yu.F., Ibragimov I.M. Osnovy nanotekhnologij v tekhnike. M.: MGOU, 2006. 241 s.
5. Osnovy nanotekhnologij i nanomaterialov: ucheb. posobie / N.A. Azarenkov [i dr.]. Har'kov: Nac. un-t im. V.N. Karazina, 2009. 69 s.
6. Gryaznov S.N., Malyshev V.P. Obosnovanie predlozhenij po dal'nejshemu razvitiyu sistemy tekhnicheskogo osnashcheniya spasatel'nyh sil MCHS Rossii na dolgosrochnyj period // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2015. № 1 (8). S. 34–50.

7. Ageev O.A., Zamburg E.G., Mikhailichenko A.V., Ptashnik V.V. Temperature effect on the electrical properties of nanostructured ZnO and VOx films // Proc. of «Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy» Symposium and Summer School, Moscow-Zelenograd, Russia, 2011. September 12–16.

8. Lukaszczuk P. The Application of Nanotechnology in Fire Protection // Safety & Fire Technique. 2016. Vol. 42. No. 2. P. 95–102.

9. Vydelenie indikatornyh pozharnyh gazov pri okislenii uglya na stadiyah samonagrevaniya i besplamennogo goreniya / V.G. Igishev [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2015. № 4. S. 55–59.

10. Analiz problem vozmoznogo primeneniya nanomaterialov i nanotekhnologij v interesah MCHS Rossii / O.A. Medvedev [i dr.] // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2014. № 1 (39). S. 62–67.

УДК 614.841.2.001.2

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Ю.Н. Елисеев, кандидат технических наук;

А.В. Мокряк.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Как один из наиболее перспективных новых источников энергии, литий-ионный аккумулятор и связанные с ним проблемы пожарной безопасности вызвали большой исследовательский интерес. Литий-ионные аккумуляторные батареи содержат опасные материалы, такие как легковоспламеняющиеся растворители, которые могут привести к экзотермической реакции и, как следствие, повышению температуры выше предельно допустимой. Несмотря на защиту с помощью механизмов безопасности батарей, пожары являются относительно частым явлением. В данной статье рассматриваются случаи возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей и их причины.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, исследование, пожар, пожароопасность, тепловой разгон, короткое замыкание

FIRE HAZARD ANALYSIS OF LITHIUM-ION BATTERIES

Yu.N. Eliseev; A.V. Mokryak.

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

As one of the most promising new energy sources, the lithium-ion battery and related fire safety issues have generated a great deal of research interest. Lithium-ion batteries contain dangerous materials, such as flammable solvents, which can lead to an exothermic reaction and, as a result, hang temperatures above the maximum permissible temperature. Despite being protected by battery safety mechanisms, fires are relatively common. This article discusses the cases of ignition of lithium-ion batteries and their causes.

Keywords: Li-ion batteries, research, fire, fire hazard, thermal acceleration, short circuit

Аккумулятор представляет собой электрохимическое устройство, которое хранит энергию и выпускает ее в виде электричества. Литий-ионные аккумуляторы по праву можно назвать самыми распространенными в жизни человека в XXI в. Благодаря таким преимуществам, как длительный срок службы, габариты и вес, быстрая перезарядка, литий-ионные аккумуляторы можно встретить в портативных электронных устройствах – телефоны, ноутбуки, камеры и т.д. Также они встречаются в промышленных сферах – например, источники бесперебойного питания, охранные системы, силовые агрегаты, уличное освещение, медицинское оборудование. Литий-ионные аккумуляторные батареи могут обеспечить энергией электрические транспортные средства, благодаря высокой энергетической емкости [1, 2].

Однако литий-ионные аккумуляторы имеют недостаток – электролит может самонагреваться и батарея может перейти в тепловой разгон, то есть батарея воспламеняется, это приводит к быстрому повышению давления и температуры в ячейке. Тепловой разгон может произойти, когда батарея выходит из стабильного рабочего состояния в результате, например, короткого замыкания, перегрева, перезарядки или механического повреждения. В результате происходит выделение легковоспламеняющихся и токсичных газов. Утечка газа из литий-ионной аккумуляторной батареи является серьезной проблемой, поскольку выделяемые летучие органические вещества являются легковоспламеняющимися, а их выброс представляет собой угрозу, которая может вызвать взрыв и пожар [3, 4].

Электролит в батарейке, как правило, выполнен из растворов солей лития. Так при первой зарядке на заводе-изготовителе, в процессе интеграции лития в анод на электродах (в основном на аноде), образуется защитный ионопроводящий слой, образованный из разложившегося электролита. Сформированный барьер защищает электроды от недопустимых реакций с электролитом. При нормальном использовании температура батареи ниже 40 °С. Короткое замыкание в элементе запускает процесс нагрева аккумулятора и, когда температура достигает 70–90 °С, ионопроводящий защитный барьер начинает разрушаться на аноде. После этого литий, интегрированный в анод, запускает реакцию с электролитом, в результате этого процесса происходит выделение летучих газов: этана, метана, этилена и т.п. Кроме того, типичные компоненты батареи, например пластиковая упаковка, сепаратор и электролит, являются горючими. Таким образом, пожары, могут происходить в самых разных устройствах – от мобильных телефонов до самолетов [5].

В таблице перечислены несколько случаев взрывов и возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей за последние годы, которые можно разделить на три основных типа: мобильный телефон, электромобили и самолеты.

Таблица. Отдельные случаи взрывов и возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей в последние годы

Устройства	№	Дата	Страна	Случай
Мобильные телефоны	1	24.08.2016	Корея	Взрыв и возгорание аккумулятора Note 7
	2	18.09.2016	Китай	Аккумулятор Note 7 взорвался и загорелся во время зарядки
	3	10.10.2016	Китай	Аккумулятор iPhone 7 взорвался, и пользователь получил ранения
	4	14.10.2016	Китай	Huawei P9 взорвался и загорелся во время зарядки
	5	10.17.2016	Австралия	В результате самовозгорания iPhone 7 произошло возгорание автомобиля
	6	09.01.2018	Швейцария	При замене взорвался аккумулятор iPhone в руках продавца в розничном магазине. Один человек получил ранения, семь человек были доставлены в больницу с отравлением
	7	10.01.2018	Испания	В процессе ремонта батарея мобильного телефона iPhone взорвалась, произошло возгорание
	8	29.12.2018	Америка	iPhone XS Max загорелся в кармане владельца
Электромобили	1	01.01.2016	Норвегия	Электромобиль Tesla Model S загорелась во время зарядки
	2	14.05.2016	Китай	Электробус загорелся из-за короткого замыкания аккумуляторной батареи
	3	07.09.2016	Нидерланды	Электромобиль Tesla Model S врезался в дерево, из-за чего загорелся аккумулятор, в результате чего водитель погиб
	4	15.01.2016	Китай	Самовозгорание электробуса во время движения
	5	19.02.2017	Китай	Электромобиль Tesla Model X загорелся после аварии
	6	01.05.2017	Китай	Самовозгорание электробуса во время зарядки
	7	24.03.2018	Америка	Электромобиль Tesla Model S загорелся во время стационарного режима
	8	21.05.2018	Китай	Самовозгорание электробуса во время движения

Устройства	№	Дата	Страна	Случай
Самолеты	1	03.09.2010	ОАЭ	Boeing 787 потерпел крушение из-за самовозгорания груза (81 000 литий-ионных аккумуляторных батарей)
	2	07.01.2013	Америка	Взрыв литий-ионной аккумуляторной батареи в отсеке электрооборудования в задней части самолета Boeing 787
	3	16.01.2013	Япония	Аккумуляторная батарея загорелась во время полета Boeing 787

Что касается случаев взрывов и возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей мобильных телефонов, то почти все производители сталкивались с такими инцидентами: Apple, Samsung и Huawei. Например, Samsung Note 7 был выпущен 3 августа 2016 г., а его первый взрыв был 24 августа 2016 г. В конце концов, количество взрывов вынудило Samsung отозвать все устройства Note 7 по всему миру 2 сентября 2016 г. Основная причина Note 7 была связана с неисправностью батареи, Samsung использовал чрезмерно тонкий сепаратор для увеличения плотности энергии батареи, что существенно увеличило вероятность короткого замыкания батареи [6].

Использование литий-ионных аккумуляторов в автомобильной промышленности предъявляет более высокие требования к аккумуляторам, поскольку они значительно больше и имеют более жесткие условия окружающей среды, например вибрацию, влажность, большие колебания температуры. Для электромобилей большинство случаев возгорания возникали в условиях сбоя зарядки, разрядки и самовозгорания, что впоследствии приводило к короткому замыканию батарей. Хотя частота взрывов и возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей электромобилей составляет примерно 1/10 000, что значительно ниже, чем у традиционных транспортных средств (7,6/10 000), эта проблема все еще значительно мешает разработке электромобилей.

Случаи взрыва и пожара на самолетах обычно происходили из-за отказа электронного оборудования пассажиров, когда загоралась батарея, наполнялась дымом кабина и приводила к катастрофическим последствиям. Эти аварии вынудили бюро гражданской авиации по всему миру принять жесткие меры в отношении портативной электроники. Исследования показали, что взрывы и пожары батарей в самолетах, как правило, были результатом неисправности батарей, вибрации самолета, изменения давления и температуры, которые впоследствии вызывали короткое замыкание батарей [7, 8].

Общедоступной статистики по причине и количеству возгораний литий-ионных аккумуляторных батарей на данный момент не ведется, возможно, такую статистику ведут сами производители. Как показали результаты анализа общедоступных случаев, основной причиной возгорания литий-ионных аккумуляторных батарей является тепловой разгон в результате короткого замыкания и горючесть компонентов батареи, таких как электролит и сепаратор. Ведение такой статистики имело бы огромный интерес для пожарно-технического эксперта, который расследует причины пожара, связанные с возгоранием литий-ионных аккумуляторных батарей, так как там могли быть описаны условия окружающей среды (время года, температура), возраст аккумулятора, в какой момент произошло возгорание (в режиме зарядки, работы или покоя) и возможная причина.

Литература

- ГОСТ Р МЭК 61960–2007. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие неокислотные электролиты. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи литиевые для портативного применения. М.: Стандартинформ, 2008.
- CEI/IEC 61960, First edition 2003–12. International Electrotechnical Commission, 3. rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20.

3. Плотников В.Г., Чешко И.Д., Кондратьев С.А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе // Расследования пожаров. 2014. Вып. 4. С. 53–58.

4. Поведение литий-ионного аккумулятора емкостью 150 А·ч в экстремальных ситуациях / А.Н. Кожевников [и др.] // Электрохимическая энергетика. 2008. Т. 8. № 1. С. 46–50.

5. Румянцев А.М., Волжинская Е.Г., Жданов В.В. Поведение малогабаритных литий-ионных аккумуляторов в условиях перезаряда // Электрохимическая энергетика. 2007. Т. 7. № 2. С. 73–77.

6. Влияние эксплуатационных факторов на работу литий-ионного аккумулятора / М.А. Бураков [и др.] // Символ науки. 2019. № 7.

7. *Advances in Lithium-Ion Batteries* / Edited by W. A. Schalwijk van, B. Scrosati. N.Y.: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.

8. Ohsaki T., Kishi T., Kuboki T., Takami N., Shimura N., Sato Y., Sekino M., Satoh A. // *J. Power Sources*. 2005. V. 146. P. 97.

References

1. GOST R MEK 61960–2007. Akkumulyatory i akkumulyatornye batarei, sodержashchie shchelochnoj i drugie nekislotnye elektrolity. Akkumulyatory i akkumulyatornye batarei litievye dlya portativnogo primeneniya. M.: Standartinform, 2008.

2. CEI/IEC 61960, First edition 2003–12. International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20.

3. Plotnikov V.G., Cheshko I.D., Kondrat'ev S.A. Pozharnaya opasnost' litij-ionnyh akkumulyatorov i nizkovol'tnyh istochnikov pitaniya na ih osnove // Rassledovaniya pozharov. 2014. Vyp. 4. S. 53–58.

4. Povedenie litij-ionnogo akkumulyatora emkost'yu 150 A·ch v ekstremal'nyh situatsiyah / A.N. Kozhevnikov [i dr.] // Elektrohimičeskaya energetika. 2008. T. 8. № 1. S. 46–50.

5. Rumyancev A.M., Volzhinskaya E.G. Zhdanov V.V. Povedenie malogabaritnyh litij-ionnyh akkumulyatorov v usloviyah Perezaryada // Elektrohimičeskaya energetika. 2007. T. 7. № 2. S. 73–77.

6. Vliyanie ekspluatatsionnyh faktorov na rabotu litij-ionnogo akkumulyatora / M.A. Burakov [i dr.] // Simvol nauki. 2019. № 7.

7. *Advances in Lithium-Ion Batteries* / Edited by W. A. Schalwijk van, B. Scrosati. N.Y.: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.

8. Ohsaki T., Kishi T., Kuboki T., Takami N., Shimura N., Sato Y., Sekino M., Satoh A. // *J. Power Sources*. 2005. V. 146. P. 97.

УДК 614.849

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К УЧЕТУ ПОЖАРОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;

Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук;

А.В. Кондрашин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены новые подходы к учету пожаров в Российской Федерации. Механизм, согласно которому учитываются пожары и наступившие от таковых последствия, раскрыт требованиями МЧС России. В условия нового порядка, учитывающего возгорания и урон от таковых, внесено требование добиться качественного роста официальной статистики по данному явлению, чтобы создать на федеральном и региональном уровне реалистичную картину происходящего.

Ключевые слова: учет пожаров, эффективность, законодательство, оперативная сводка

NEW APPROACHES TO FIRE ACCOUNTING IN ORDER TO IMPROVE FIRE SAFETY IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.E. Savenkova; D.E. Zavyalov; A.V. Kondrashin.

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

The article considers new approaches to fire accounting in the Russian Federation. The mechanism according to which fires and their consequences are taken into account is disclosed by the requirements of the EMERCOM of Russia. The conditions of the new order, which takes into account fires and damage from them, include a requirement to achieve a qualitative increase in official statistics on this phenomenon, in order to create a realistic picture of what is happening at the Federal and regional levels.

Keyword: fire accounting, efficiency, legislation, operational summary

Начало 2019 г. ознаменовалось для Российской Федерации новым принципом учетной деятельности, позволяющей отразить пожары и урон, причиненный народному хозяйству, когда была дана отмена на более ранний порядок, использовавшийся свыше 10 лет [1].

Процедуры, которые проводятся в рамках официального статистического учета пожаров, позволяют консолидировать на федеральном уровне информацию и создать отчет в итоге достоверного статистического мониторинга возгораний, урона от таковых, равно как и систематизировать информацию о случившемся. Так, прежде всего, выполняется консолидация разрозненных данных о пожаре, характеризующих его первично, а также собираются сводки административного характера о возгораниях и итогах таковых.

В информации, проходящей как первично-статистической, отражаются зафиксированные документально сведения о пожарах и их последствиях, которые были внесены в формы федерального образца.

Информация административного характера детализирует извлеченные из документов данные относительно возгораний, которые отражены респондентами, имеющими правомочие подавать информацию, проходящую по категории официальной статистики.

На уровне Федерации мониторинг статистических данных в отношении пожаров и их последствий имеет характер тотального, охватывая без исключения предприятия,

государственные учреждения, россиян или лиц, которые не имеют российского гражданства, при условии, что таковыми ведется предпринимательство.

Чтобы реализовать задачи и цели федерального статистического наблюдения, отражающего ситуацию по пожарам и их последствиям, обращаются к стандартным формам документации, в которых респонденты вносят статистически-значимые данные по первичным сведениям, скрупулезно заполняя графы и строки по нормативам, обозначенным государственным органом статистического учета по пожарам и их последствиям.

В сводки официального статистического учета следует вносить возгорания, тушение которых проводилось силами противопожарных подразделений, равно как и пожары, о которых информировало население или предприятия.

Для проведения в отчетности официальной статистики не подлежат учету следующие варианты возгораний:

1) если таковое является стадией технологического процесса, что отражено в проектной документации;

2) если таковое имело место при огневой обработке заготовок, деталей, изделий, потоком огня или термическим фактором, чтобы добиться изменения параметров и свойств объекта (работы по высушиванию, жарке, переплавке, варке);

3) если случилась из-за поломки применяемой в быту электротехники или при термической обработке пищи, но не повлекла пожара;

4) если имелись физические явления, причиненные статическим электричеством, однако не повлекли возгорания;

5) если замкнуло электросеть, электротехнику на предприятии или в быту, однако не повлекло возгорания;

б) если огонь распространялся на объектах, которые являются экстерриториальными;

7) если огонь поразил автотранспорт, поврежденный в итоге аварии на дороге;

8) если возгорание возникло в итоге катастроф самолетов или поездов, актов терроризма, войн, природных катаклизмов;

9) если лицо предпринимало акт саможжения или неудачно совершило его попытку;

10) если огонь возник в связи с военными учениями или испытаниями, нацеленными обеспечить безопасность нации и защиту границ, а также не нанес урона населению, социальному благополучию и интересам страны.

Как значимое изменение следует указать принятый отказ от применения терминологической единицы «загорание», а также инновационный механизм по учету лиц, травмированных при пожаре или погибших из-за его воздействия.

Итак, вопрос о смене порядка учета пожаров требует детального изучения.

Понятие «загорание» приведено в нормах ГОСТ 12.1.033–81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения» следующим описанием такового как горения, происходящего без возможности контролировать его, а также происходящее вне отведенного для огня места, но не причиняющего вреда [2, 3].

Ситуация актуализируемая указаниями в нормативах по вопросам безопасности существует на протяжении длительного периода, а также исследуется рядом ученых. Мероприятия по надзору в данной отрасли были калькированы с нормативной базы социалистического прошлого, где первично формировалась без предварительной научной аналитики вопроса, из-за чего в актуальных до настоящего времени методиках не применяются уникальные методы калькуляции риска, а также не учтены критерии, из-за которых потенциальная угроза возгорания высока или достаточно невелика [4].

Отдельные исследования направлены на аналитику методик калькуляции временного интервала, достаточного для того, чтобы безопасно эвакуировать людей, находящихся в зоне поражения огнем, продуктами горения или иными последствиями. Со стороны автора дается коррекция методики калькуляции данного интервала, предполагая, что дистанция

до пожарной нагрузки минимальна, а также приводится веская аргументация того, что таким образом растут показатели безопасности для лиц, сталкивающихся с пожарами в общественных местах, в быту или на производстве, что позволяет создать условия для своевременной эвакуации [5].

Требуется выполнить аналитический обзор ситуации, в которой возникает пожар, и воссоздать начало такового. На примере работы [1] приведен порядок мероприятий, позволяющих реконструировать начало возгорания, задав ряд параметров: время, истекшее от возникновения огня, локализация очага, а также пожарной нагрузки. Полученные в итоге исследования выводы стали предпосылками для точной квалификации несоблюдения норм и стандартов мероприятий, которыми создаются условия стабильной профилактики пожаров.

Системную аналитику факторов, из-за воздействия которых возникают пожары, а также в соотнесении с вероятностью их возникновения предприняли в работе [3]. Приближение к критической температурной отметке было отражено в стохастической модели, конструируемой на базе детерминированного характера возгорания и предположений о вероятностной природе потока тепловой энергии. В данном случае методика опирается на случайность процессов, однако высоко информативна, так как является базой для аналитического обзора закономерных явлений, имеющих место при пожаре, в ракурсе математически изложенного ожидания по параметрам факела, равно как и позволяет создать по ключевому тренду диапазон доверия.

Как отмечает мировое сообщество, такая трудность, как факты пожаров и необходимость учитывать и анализировать таковые, а также предсказывать последствия тревожит научные круги [3]. На международном уровне вопрос о ёмкой и достоверной оценке пожарной безопасности в настоящее время, в текущей ситуации, поднимается постоянно. Между тем база стандартов и нормативов, отражающая учетные процедуры по пожарам, испытывает существенные затруднения из-за противоречий.

Как известно, до 2019 г. в качестве загораний понималось горение вне связи с причиной, которое не вышло на пространство к иным защищаемым объектам, таким как не состоящие на балансе здания или транспорт, сухой растительности на полях, в черте города, а также твердых бытовых отходов, в таких точках, как придомовая зона, урны или мусорные баки, лифты, мусорособирающая или мусоропроводящая инженерная инфраструктура, подвальные или чердачные площади, лестничные пролеты в жилом фонде [1]. Следовательно, терминологическая единица «загорание» требовала определенных условий [2].

Понятием «пожар» законодатель впервые воспользовался в Федеральном законе от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 30 октября 2018 г.) «О пожарной безопасности» (ФЗ № 69-ФЗ), обозначив таковой как горение, которое течет без возможности контроля и наносит урон имущественной стороне, а также населению, создает для общества риски и вредит интересам страны [6].

Однако обновление законодательной базы в январе 2019 г. привело к нивелированию отличий, некогда разделявших понятия «загорание» и «пожар», так как корректным обозначено применение определения «пожар».

Отметим, что в последние годы у россиян сложилась преступная практика по поджогу травяного сухостоя в сезон весны. Оценить урон, его масштабы и последствия возможно исключительно в привязке к региону и погодно-климатическим факторам, таким как высота выпавшего за зиму снега, объема и периодичности дождевых осадков, которые имели место после таяния снегов, влажность атмосферного воздуха, передвижение воздушных масс, ночной температурный минимум.

Отметим, что март–май 2019 г. не удивил пожарную охрану приятной статистикой спада числа палов травяного сухостоя, достигнув по Федерации значения порядка десятка тысяч случаев. Выполняя указания нормативного акта МЧС России от 21 ноября 2008 г. приказ № 714 (в ред. от 8 октября 2018 г.) «Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий» (приказ № 714), факты поджога травы фиксировались для статистики

по категории пожаров, из-за чего численно случаи пожаров дали рост по резко выраженной экспоненте.

Полагаем, что обновление методики учета пожаров, вступившее в силу с 1 января 2019 г., следует подвергнуть пересмотру из-за необоснованности решения и его спорного характера.

Так, дополнив статистику фактами подпала травяного сухостоя, возникают нарушения требований ФЗ № 69-ФЗ, ссылающейся на обязательность присутствия в итоге пожара урона имуществу, населению, утратившему жизнь или ухудшившему здоровье, благополучию общества и интересам нации. Сложно калькулировать объем вреда, причиненного имуществу и обществу в ситуации, когда горит высохшая трава вне городской черты, равно как и пух тополя, осевший на газонах населенного пункта.

Кроме того, намереваясь оценить ситуацию с возгораниями в конкретной местности, следует дополнять аналитику и конкретизировать ее дополнительно, чтобы отражать пожары, которые затронули сухой травой, твердые бытовые отходы, не имеющие хозяина объекты.

Следуя указанной методике учета пожаров, создаются дополнительные трудности для федерального государственного пожарного надзора, персонал которого должен интенсифицировать процедуру внесения сведений для базы данных по учету пожара. Так, создание учетной записи о пожаре в карточке учета пожаров, отражающих пал сухого травостоя, отходов или бесхозного имущества, стало трудозатратнее [1, 6].

Кроме того, новый порядок учета настолько кардинально изменит статистику, что требует изменить управленческие решения и настоять на отказе от ранее принятых целевых мероприятий.

Отметим, что перечисленные обстоятельства отражают только малую часть отрицательных последствий, наступивших в итоге изменений порядка учета пожаров. Редакция нормативной базы понимается как ключевое задание отрасли и законотворческого механизма, чтобы оптимизировать учетные процедуры в отрасли.

Аналитический обзор актуальной нормативной документации, практики мирового сообщества, а также научных достижений, позволяет заявить о том, что новые нормативные документы учета пожаров имеют характер несовершенных законодательных актов, из-за чего требуют скорейшей редакции и компетентных правок.

В данном исследовании отражены ключевые векторы по оптимизирующему пересмотру нормативной базы, охватывающие внесение в учетную документацию урона имуществу, негативного воздействия на жизнь и здоровье населения, которые привели к непомерному и нерациональному росту трудозатратности учетной процедуры на персонал пожарного надзора; акцентированы отличия в статистическом срезе ситуации по «старой» и «новой» методике учета и риски резкой смены управленческого курса в отрасли.

Литература

1. Актуализация нормативных требований в области пожарной безопасности с учетом риск-ориентированного подхода в надзорной деятельности / И.В. Козлачков [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2015.
2. Лобаев И.А., Вечтомов Д.А., Плешаков В.В. Реконструкция начальной стадии пожара с учётом параметров системы обнаружения опасных факторов пожара // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 3. С. 19–27.
3. Пельтихина С.В., Баженова Л.М. Статистика пожаров. Влияние текущих параметров на обстановку с пожарами // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 4. С. 32–35.
4. О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий: приказ МЧС России от 24 дек. 2018 г. № 625. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Ягодка Е.А. Корректировка методик оценки пожарного риска с учётом теплового потока пожара // Технологии техносферной безопасности. 2012.

6. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Стохастическая модель нагрева резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара // Пожаровзрывобезопасность. 2007. Т. 16. № 4.

References

1. Aktualizaciya normativnyh trebovanij v oblasti pozharnoj bezopasnosti s uchetom risk-orientirovannogo podhoda v nadzornoj deyatel'nosti / I.V. Kozlachkov [i dr.] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2015.

2. Lobaev I.A., Vechtomov D.A., Pleshakov V.V. Rekonstrukciya nachal'noj stadii pozhara s uchyotom parametrov sistemy obnaruzheniya opasnyh faktorov pozhara // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2018. № 3. S. 19–27.

3. Pel'tihina S.V., Bazhenova L.M. Statistika pozharov. Vliyanie tekushchih parametrov na obstanovku s pozharami // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij. 2017. № 4. S. 32–35.

4. O formirovanii elektronnyh baz dannyh ucheta pozharov i ih posledstvij: prikaz MCHS Rossii ot 24 dek. 2018 g. № 625. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

5. Yagodka E.A. Korrektirovka metodik ocenki pozharnogo riska s uchyotom teplovogo potoka pozhara // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2012.

6. Abramov Yu.A., Basmanov A.E. Stohasticheskaya model' nagreva rezervuara s nefteproduktom pod teplovym vozdejstviem pozhara // Pozharovzryvobezopasnost'. 2007. Т. 16. № 4.

УДК 614.841.315/614.841.31

ОСОБЕННОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ РАБОТЫ С МАЛОМОБИЛЬНЫМИ ГРУППАМИ НАСЕЛЕНИЯ

О.Е. Мельник, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.А. Сидоркин, кандидат педагогических наук, доцент, профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации;

А.А. Чистяков, кандидат технических наук.

Академия ГПС МЧС России

На основе проведенного анализа пожаров и результатов исследований информированности населения Российской Федерации в области пожарной безопасности, с целью управления пожарными рисками, определены наиболее уязвимые маломобильные группы населения: дети, пенсионеры, инвалиды. Рассмотрены особенности и новые подходы организации противопожарной работы среди маломобильных граждан.

Ключевые слова: пожарный риск, пожарная безопасность, профилактическая противопожарная работа, обучение, маломобильные граждане

FEATURES AND DIRECTIONS OF IMPROVING THE ORGANIZATION OF FIRE-FIGHTING PREVENTION WORK WITH SMALL-MOBILE POPULATION GROUPS

O.E. Melnik. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.A. Sidorkin; A.A. Chistyakov.

Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

Based on the analysis of fires and the results of research on the awareness of the population of the Russian Federation in the field of fire safety, in order to manage fire risks, the most vulnerable groups of the population with limited mobility are identified: children, pensioners, disabled people. The features are considered and new approaches to the organization of preventive fire-fighting activities among people with limited mobility are presented.

Keywords: fire risk, fire safety, preventive firefighting activities, training, people with limited mobility

В Российской Федерации каждый гражданин имеет право на личную безопасность, безопасность своего имущества и жилища, в том числе от пожаров. Безопасность человека является одним из приоритетов деятельности государства.

Управление пожарными рисками – важная задача обеспечения безопасности жизнедеятельности человека. Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта, защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей [1].

Наиболее подвержены пожарным рискам маломобильные группы населения, к которым относят людей, испытывающих трудности при самостоятельном передвижении, получении информации и услуг, при ориентировании в пространстве. В широком смысле к маломобильным группам относятся: инвалиды, люди с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), пожилые люди (особенно лица преклонного возраста старше 75 лет), беременные женщины, женщины с малолетними детьми, дети, люди с колясками, люди с тяжелыми тележками или поклажей, а также временно нетрудоспособные граждане.

В контексте изучения пожарных рисков в числе маломобильных граждан целесообразно рассматривать следующие категории граждан: инвалиды (вне зависимости от возраста), люди с ОВЗ, беременные женщины, женщины с малолетними детьми, дети, пенсионеры. Именно эти категории населения в ситуации пожара наиболее уязвимы, поскольку испытывают сложности при самостоятельной эвакуации.

Маломобильные граждане зачастую являются виновниками пожаров по причинам неосторожности и нарушения правил пожарной безопасности. Наибольшее число возгораний случается по вине детей, инвалидов и пенсионеров (рис.).

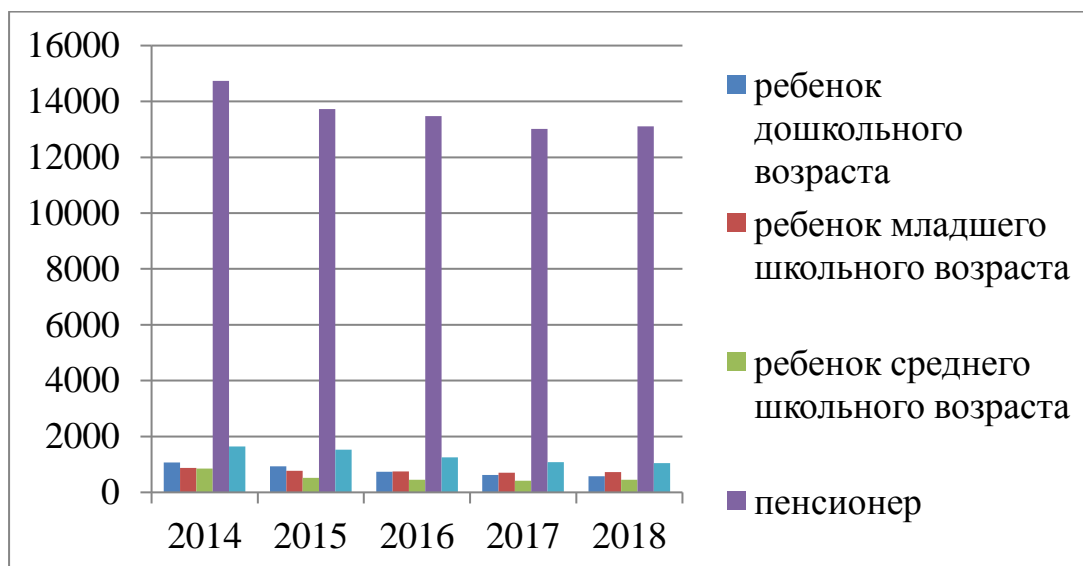


Рис. Количество пожаров по категориям виновников из числа маломобильных групп населения, ед.

В инициированных маломобильными гражданами пожарах самые высокие показатели летальности и термического травматизма среди детей дошкольного возраста, инвалидов и пенсионеров (табл.).

Таблица. Распределение основных показателей пожара за 2014–2018 гг. по категориям виновников пожаров из числа маломобильных групп населения [2]

Год	Погибло, чел. Травмировано, чел.	Ребенок дошкольного возраста	Ребенок младшего школьного возраста	Ребенок среднего школьного возраста	Пенсионер	Инвалид
2014	гибель	75	6	11	2239	445
	травма	205	90	139	1699	336
2015	гибель	87	6	11	1987	439
	травма	218	101	170	1939	313
2016	гибель	54	4	11	1909	372
	травма	143	102	121	1542	277
2017	гибель	44	5	16	1760	300
	травма	163	80	115	1492	222
2018	гибель	58	5	9	1800	302
	травма	153	92	121	1547	237

В 2017–2018 гг. проведены исследования информированности населения в области пожарной безопасности [3, 4]. В 2017 г. методом анкетирования опрошено 28 089 человек, из них 17 525 взрослого населения и 10 564 детей, проживающих в 26 субъектах Российской Федерации Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов [3]. В 2018 г. методом анкетирования было опрошено 80 736 человек (взрослое население) из 84 регионов 8 федеральных округов Российской Федерации [4].

По результатам анкетирования 2017 г. от 40 % до 80 % населения постоянно проходили обучение мерам пожарной безопасности в организациях (по месту работы и обучения), из них от 5 % до 15 % лишь однократно, а от 4 % до 12 % обучение не проходили никогда [3], среди таких граждан: старшие дошкольники, младшие школьники, пенсионеры. Готовность населения к действиям в условиях пожара в регионах Российской Федерации составила от 24,4 % до 45,8 %. Исключение зафиксировано в Еврейской автономной области – 59,8 % [4].

Дети, пенсионеры и инвалиды представляют собой многомиллионные группы населения.

По данным Росстата на 1 января 2020 г. население Российской Федерации составляло 146 748 590 млн человек, из них 22,4 % – дети [5].

По данным Федерального реестра инвалидов на 1 июля 2020 г. число инвалидов в Российской Федерации составляло 11 104 938 человек, это 9,5 % всего населения Российской Федерации [6], в том числе 699 464 детей инвалидов (5,6 % от общего числа инвалидности) [6]. Из них 56 713 детей в возрасте от 0 до 3 лет, 156 135 в возрасте от 4 до 7 лет, 344 005 в возрасте от 8 до 14 лет и 142 611 в возрасте от 15 до 17 лет [6].

По данным Минтруда России доля пожилых людей составляет 22 % от общего числа населения Российской Федерации, а в ряде регионов – 27 %. На 1 января 2019 г. число пенсионеров составляло 43,8 млн человек [7].

Противопожарная пропаганда и обучение детей мерам пожарной безопасности осуществляется в образовательных организациях в рамках федеральных образовательных программ, специалистами Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России в ходе профилактических мероприятий, а также родителями [3, 4]. Для формирования у детей устойчивых знаний и моделей безопасного поведения в области пожарной безопасности применяются разнообразные формы, методы и средства обучения, в том числе осуществляется информирование через средства массовой информации и интернет-ресурсы. Подготовка детей-инвалидов в области пожарной безопасности осуществляется в рамках инклюзивного обучения и комплексного сопровождения лиц с ОВЗ. Обучение мерам пожарной безопасности и социальное сопровождение маломобильных детей-инвалидов и их родителей – отдельная тема, требующая пристального рассмотрения. В рамках данной статьи обратим внимание на специфику организации профилактической противопожарной работы с пожилыми людьми, в том числе инвалидами.

Пенсионеры и инвалиды, проживающие вне учреждений, в отличие от детей и работающих граждан, не проходят обучение мерам пожарной безопасности. Исключение составляют маломобильные граждане, постоянно пребывающие в учреждениях: с ними проводятся инструктажи и тренировочные мероприятия по эвакуации согласно планам профилактической противопожарной деятельности, утвержденные руководством учреждений. По данным анкетирования, для пенсионеров и инвалидов, проживающих вне учреждений, ведущим источником информации о правилах пожарной безопасности являются телевидение и печатные информационные материалы (газеты, листовки, памятки) [3, 4].

Маломобильность значительно ограничивает круг возможных действий, особенно пожилых людей и инвалидов. Статистические данные исследования данной проблемы представлены в работе В.В. Холщевникова, Д.А. Самошина Р.Н. Истратова [9, с. 51]. Авторы выделяют четыре потенциально возможных действия: тушение пожара, звонок в пожарную охрану, включение системы оповещения и организация эвакуации. Учитывая низкую

скорость реакции, ограниченные возможности здоровья и сложности в самостоятельном передвижении, для пенсионеров и инвалидов действия по самостоятельному тушению очага возгорания являются наиболее опасными. С точки зрения минимизации рисков термического травматизма при первых признаках возгорания маломобильным гражданам целесообразно позвонить в пожарную охрану и сразу начать эвакуацию.

При подготовке сотрудниками ГПС МЧС России обучающих и профилактических мероприятий для маломобильных граждан, которые проживают вне учреждений, целесообразно уделить особое внимание порядку действий во время пожара и эвакуации из жилого помещения. Данный вопрос является ключевым для спасения жизни во время возгорания одиноко проживающих пенсионеров и инвалидов, при этом имеет свою существенную специфику. Такая специфика во многом обусловлена потребностью в привлечении доверенных лиц для оказания помощи при эвакуации.

Как отмечалось выше, многие пенсионеры и инвалиды проживают одни. В условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) даже близкие родственники вряд ли сумеют оперативно приехать и помочь пожилому человеку или инвалиду своевременно покинуть зону риска. В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос о создании системы доверенных лиц и механизмов взаимодействия с ними. Доверенные лица – люди, которым может позвонить в условиях ЧС одинокий маломобильный человек и которые помогут ему своевременно эвакуироваться. Это могут быть родственники, соседи или волонтеры, проживающие по соседству.

В условиях пандемии COVID-19 была создана система волонтерской социальной поддержки одиноких пенсионеров и инвалидов. В ее задачи входило обеспечение продуктами питания, медикаментами, оказание психологической и иной поддержки. Спонтанно созданная система волонтерской помощи пенсионерам, инвалидам, многодетным семьям и людям в трудной жизненной ситуации показала высокую эффективность и жизнеспособность. Опыт, полученный в условиях пандемии, может быть применен в организации противопожарной работы с маломобильными категориями населения.

В связи с тем, что маломобильный человек не способен самостоятельно покинуть помещение, сотрудниками ГПС МЧС России при организации противопожарной профилактики с пенсионерами и инвалидами целесообразно учесть следующие факторы:

Во-первых, разработка памяток о порядке действий при эвакуации для маломобильных граждан носит исключительно индивидуальный характер: требуется определение круга доверенных лиц, способов их оперативного информирования пенсионером (или инвалидом) и выработка четкой последовательности совместных действий.

Во-вторых, при разработке алгоритмов действий при пожаре необходимо учитывать особенности жилого фонда, где проживают пенсионеры и инвалиды: наличие пандусов, высота порогов, наличие и функционирование звуковых и световых оповещателей, а также других приспособлений для проживания маломобильных граждан [10–12]. Во время пожара пользование лифтом запрещено, соответственно, для эвакуации маломобильного гражданина с высотных этажей требуется значительное время.

В третьих, пенсионеру совместно с доверенным лицом необходимо несколько раз отработать на практике действия по эвакуации, чтобы в случае реальной опасности в условиях паники не тратить время на поиск и чтение инструкции, а сразу приступить к действиям [9, 10, 13, 14].

Маломобильные граждане и инвалиды проживают фактически в каждом доме. Для снижения пожарных рисков целесообразно рекомендовать ТСЖ и управляющим компаниям, отвечающим за коммунальное хозяйство, вести учет маломобильных граждан дома и разработать план действий в случае пожара с привлечением доверенных лиц из числа соседей или волонтеров. Им же можно рекомендовать организацию занятий, инструктажей и профилактических мероприятий с такими жителями.

Для организации профилактической противопожарной работы с маломобильными группами населения и обеспечения индивидуального подхода и наибольшего охвата населения целесообразно привлекать членов добровольных общественных организаций (Всероссийская добровольная пожарная охрана, Всероссийский студенческий корпус спасателей и др.) и волонтеров. Они могут принимать активное участие:

- в разработке индивидуальных инструкций по эвакуации маломобильных граждан и информационно-просветительских материалов по пожарной безопасности;
- в проведении противопожарной пропаганды и обучении мерам пожарной безопасности маломобильных граждан;
- в осуществлении мероприятий по проверке и обеспечению пожарной безопасности жилых помещений, где проживают маломобильные граждане. Профилактические действия могут включать, в том числе установку или проверку исправности дымовых и тепловых пожарных извещателей, оказание помощи в расхламлении путей эвакуации;
- во взаимодействии с подразделениями ГПС МЧС России работниками сферы социального обслуживания и другими структурами по вопросам противопожарного информирования маломобильных граждан по месту их проживания;
- в подготовке и реализации разнообразных информационно-просветительских проектов по пожарной безопасности для маломобильных граждан;
- являться доверенными лицами, которые окажут помощь маломобильному гражданину во время ЧС.

На основе проведенного анализа пожаров и результатов исследований информированности населения Российской Федерации в области пожарной безопасности, с целью управления пожарными рисками, определены наиболее уязвимые маломобильные группы населения: дети, пенсионеры, инвалиды. Данные категории граждан в силу психофизиологических особенностей являются зачастую виновниками выгораний из-за неосторожного обращения с огнем и наиболее подвержены риску гибели на пожарах.

Задачи повышения эффективности профилактической противопожарной деятельности среди детей, пенсионеров, инвалидов актуализируют факторы: многочисленность социальных групп, высокое число пожаров, высокий уровень термического травматизма и летальных исходов, низкий уровень информированности в области пожарной безопасности среди выделенных категорий маломобильных граждан.

Организация профилактической противопожарной работы среди маломобильных граждан требует решения ряда управленческих задач:

- ведение учета маломобильных граждан в жилых домах;
- разработку способов и механизмов взаимодействия маломобильных граждан и доверенных лиц во время пожара;
- включение в сферу ответственности управляющих компаний жилых комплексов организацию профилактических и обучающих мероприятий среди маломобильных граждан.

Для повышения эффективности профилактической противопожарной работы с маломобильными группами населения целесообразно разработать алгоритмы совместных действий наиболее уязвимых категорий (одиноко проживающих пенсионеров, инвалидов), их доверенных лиц и служб спасения в условиях ЧС. В качестве доверенных лиц для оказания помощи маломобильным гражданам во время эвакуации из зоны риска могут выступать соседи, члены добровольных общественных объединений или волонтеры.

Организация эффективной профилактической противопожарной деятельности среди маломобильных групп населения в области пожарной безопасности требует уточнения содержания и методологии организации противопожарной пропаганды и обучения мерам пожарной безопасности, с одной стороны, с другой – решения ряда организационно-управленческих задач.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
3. Исследование уровня подготовленности населения субъектов Сибирского федерального округа в области безопасности жизнедеятельности: отчет о НИР / рук. А.А. Мельник; отв. исп. А.В. Антонов; исп. В.А. Якимов, Р.Ф. Ворошилов, О.Е. Мельник [и др.]. Железногорск, 2017. 136 с.
4. Мельник А.А., Антонов А.В., Мартинович Н.В. Результаты исследования информированности и подготовленности населения субъектов Российской Федерации в области безопасности жизнедеятельности в 2018 году и рекомендации по совершенствованию профилактической работы // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 1. С. 75–247.
5. Статистика // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (дата обращения: 07.08.2020).
6. Численность инвалидов // Федеральная государственная информационная система «Федеральный реестр инвалидов». URL: <https://sfri.ru/analitika/chislennost> (дата обращения: 07.08.2020).
7. Доклад о результатах комплексного мониторинга социально-экономического положения пожилых людей за 2018 год // Минтруда России. URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/1340> (дата обращения: 07.08.2020).
8. Об утверждении федерального перечня реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2005 г. № 2347-р (с изм. и доп.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Холщевников В.В., Самошин Д.А., Истратов Р.Н. Исследование проблем обеспечения пожарной безопасности людей с нарушением зрения, слуха и опорно-двигательного аппарата // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 3. С. 48–55.
10. Тузова Т.В. Организация процесса эвакуации маломобильных групп населения // Пожарная и аварийная безопасность. 2018. С. 422–424.
11. Крюков А.Р., Смурова Н.Ю., Семикин П.П. Приспособление жилого фонда для проживания маломобильных групп населения // Жилищное строительство. 2012. № 11. С. 20–25.
12. Истратов Р.Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста: дис. ... канд. техн. наук. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 160 с.
13. Сергеев Г.Г., Берестова О.А., Лозникова Н.В. Обеспечение безопасности эвакуации маломобильных граждан на инвалидных колясках при пожаре и других ЧС в образовательных организациях // Вестник научных конференций. 2016. № 10-4. С. 95–98.
14. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утв. Минобрнауки России 8 апр. 2014 г. № АК-44/05вн). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2019. 125 s.

3. Issledovanie urovnya podgotovlennosti naseleniya sub"ektov Sibirskogo federal'nogo okruga v oblasti bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: otchet o NIR / ruk. A.A. Mel'nik; otv. isp. A.V. Antonov; isp. V.A. Yakimov, R.F. Voroshilov, O.E. Mel'nik [i dr.]. Zheleznogorsk, 2017. 136 c.
4. Mel'nik A.A., Antonov A.V., Martinovich N.V. Rezul'taty issledovaniya informirovannosti i podgotovlennosti naseleniya sub"ektov Rossijskoj Federacii v oblasti bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti v 2018 godu i rekomendacii po sovershenstvovaniyu profilakticheskoy raboty // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. 2019. № 1. C. 75–247.
5. Statistika // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistic> (data obrashcheniya: 07.08.2020).
6. Chislennost' invalidov // Federal'naya gosudarstvennaya informacionnaya sistema «Federal'nyj reestr invalidov. URL: <https://sfri.ru/analitika/chislennost> (data obrashcheniya: 07.08.2020).
7. Doklad o rezul'tatah kompleksnogo monitoringa social'no-ekonomicheskogo polozheniya pozhilyh lyudej za 2018 god // Mintruda Rossii. URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/1340> (data obrashcheniya: 07.08.2020).
8. Ob utverzhdenii federal'nogo perechnya reabilitacionnyh meropriyatij, tekhnicheskikh sredstv reabilitacii i uslug, predostavlyaemyh invalidu: Rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2005 g. № 2347-r (s izm. i dop.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. Holshchevnikov V.V., Samoshin D.A., Istratov R.N. Issledovanie problem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti lyudej s narusheniem zreniya, sluha i oporno-dvigatel'nogo apparata // Pozharovzryvobezopasnost'. 2013. T. 22. № 3. S. 48–55.
10. Tuzova T.V. Organizaciya processa evakuacii malomobil'nyh grupp naseleniya // Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'. 2018. S. 422–424.
11. Kryukov A.R., Smurova N.Yu., Semikin P.P. Prispособlenie zhilogo fonda dlya prozhivaniya malomobil'nyh grupp naseleniya // Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2012. № 11. C. 20–25.
12. Istratov R.N. Normirovanie trebovanij pozharnoj bezopasnosti k evakuacionnym putyam i vyhodam v stacionarah social'nyh uchrezhdenij po obsluzhivaniyu grazhdan pozhilogo vozrasta: dis. ... kand. tekhn. nauk. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. 160 s.
13. Sergeev G.G., Berestova O.A., Loznikova N.V. Obespechenie bezopasnosti evakuacii malomobil'nyh grazhdan na invalidnyh kolyaskah pri pozhare i drugih CHS v obrazovatel'nyh organizacijah // Vestnik nauchnyh konferencij. 2016. № 10-4. S. 95–98.
14. Metodicheskie rekomendacii po organizacii obrazovatel'nogo processa dlya obucheniya invalidov i lic s ogranichennymi vozmozhnostyami zdorov'ya v obrazovatel'nyh organizacijah vysshego obrazovaniya, v tom chisle osnashchennosti obrazovatel'nogo processa (utv. Minobrnauki Rossii 08.04.2014 № AK-44/05vn). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 621.43.06:504.3:551.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ОПАСНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ПРИ ПУСКЕ И ПРОГРЕВЕ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

О.В. Ложкина, доктор технических наук,

кандидат химических наук, доцент;

И.А. Онищенко.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описана методика экспериментально-расчетной оценки выбросов поллютантов с отработавшими газами двигательных установок автотранспортных средств, и представлены результаты ее апробации на примере определения количественных характеристик эмиссии угарного газа, углеводородов и оксидов азота современными легковыми дизельными и бензиновыми автомобилями экологических классов Евро 3 – Евро 5 в климатических условиях Арктической зоны. Установлено, что выбросы опасных компонентов значительно выше во время пуска и прогрева двигателя автомобиля. Продолжительность периода так называемого «холодного старта» и количество выбросов опасных компонентов существенно зависят от температуры окружающей среды и от начальной температуры двигателя.

Ключевые слова: Арктическая зона, опасное загрязнение воздуха, автотранспорт, пуск и прогрев двигателя

A METHOD FOR ESTIMATING VEHICLES-RELATED HAZARDOUS EMISSIONS DURING START-UP AND WARM-UP IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE ARCTIC

O.V. Lozhkina; I.A. Onischenko.

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

The paper describes the method of estimation of vehicle-related exhaust emissions and the results of its testing by determining the quantitative characteristics of emissions of carbon monoxide, hydrocarbons, and nitrogen oxides by modern Euro 3 – Euro 5 diesel and gasoline passenger cars in the Arctic zone climate. The emissions of dangerous components are significantly higher during the start-up and warm-up of the car engine. The duration of the so-called «cold start» and the exhaust emissions depend significantly on the ambient temperature and the initial temperature of the engine.

Keywords: Arctic zone, dangerous air pollution, motor transport, start-up and warm-up of engine

Значительная часть территории России приходится на Арктическую зону (рис.), отличающуюся суровым и холодным климатом. Особенностью природных экосистем на этой территории является их высокая уязвимость по отношению к внешним воздействиям

и низкий, по сравнению с более южными регионами, восстановительный потенциал из-за снижения химико-биологического обмена при низких температурах [1, 2].

Одна из насущных чрезвычайно опасных проблем Арктики – высокий, относительно мирового, темп прироста среднегодовых температур, приводящий к таянию снежного покрова и ледников, нарушениям систем вечной мерзлоты [1, 2]. Очевидно, что интенсивная антропогенная деятельность в Арктической зоне усугубляет эти проблемы [3–5].

Основными источниками загрязнения воздуха в городах и на урбанизированных территориях Арктической зоны являются предприятия черной и цветной металлургии, предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, целлюлозно-бумажные фабрики [6, 7]. В последние годы значимым источником загрязнения воздуха стал автомобильный транспорт [3–5, 8, 9].



Рис. Арктическая зона Российской Федерации [7]

В городах и на урбанизированных территориях Арктической зоны Российской Федерации происходит постоянный рост численности автотранспортных средств, сопровождающийся увеличением их вклада в загрязнение атмосферы, в том числе в формирование опасно высоких приземных концентраций поллютантов (угарного газа CO, оксидов азота NO_x, мелкодисперсных взвешенных частиц PM₁₀ и PM_{2.5}, углеводородов, включая полициклические ароматические углеводороды) при закономерно повторяющихся неблагоприятных метеорологических условиях в сочетании с высокой транспортной нагрузкой, особенно при низких и экстремально низких температурах окружающей среды.

Наиболее остро проблема чрезвычайного загрязнения приземного воздуха проявляется при движении в пробке (когда сочетаются режимы разгона, торможения и холостого хода) и при работе двигателя в режиме прогрева, поскольку в таких условиях происходят залповые выбросы отработавших газов (ОГ) [10, 11].

Прогрев холодного двигателя требует не более трех минут при положительных температурах окружающей среды, до 15 минут при умеренно низких температурах воздуха (до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) и до 30 минут при низких и экстремально низких температурах (менее $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Проблема оценки выбросов автотранспортных средств при отрицательной температуре окружающей среды крайне актуальна и мало изучена. Например, в странах Европейского Союза обязательны сертификационные испытания автомобилей по качественно-количественному составу ОГ при температурах $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, и, как правило, признаются удовлетворительными, если соответствуют нормативам выбросов при $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12, 13]. В соответствии с отечественными нормативными документами [14–16], сертификационные испытания по оценке выбросов загрязняющих веществ проводят при температуре от $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что на большей территории Российской Федерации, включая Арктическую зону, среднемесячные температуры в зимний период ниже $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, экспериментальные измерения выбросов автотранспортных средств при отрицательных температурах, с целью совершенствования методики прогнозирования чрезвычайного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, являются актуальными и своевременными.

Методика экспериментального исследования

Оценка выбросов оксида углерода (CO), оксидов азота (NO_x), углеводородов (CH), выделяющихся с ОГ при пуске и прогреве двигателей автомобилей, проводилась путем измерения концентраций этих компонентов в составе отработавших газов. Для этого на основе анализа возрастной и типовой структуры автопарка городов Арктической зоны Российской Федерации (Мурманска, Архангельска и Норильска) были отобраны легковые автомобили экологических классов Евро 3 – Евро 5, оснащенные каталитическими нейтрализаторами ОГ. Их характеристики описаны в табл. 1.

Измерения проводили на автомобилях с холодными двигателями, находившимися в состоянии покоя до испытаний не менее шести часов при положительной температуре окружающей среды и не менее трех часов – при отрицательной. Измерения проводили при температурах наружного воздуха: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Каждую серию экспериментов повторяли от трех до пяти раз. Одновременно по тахометру определяли частоту вращения коленчатого вала двигателя с целью оценки объема эмитируемых продуктов горения. При наружной температуре воздуха до $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ включительно измерительные приборы размещали в багажнике или салоне испытуемого автомобиля, при более низких температурах использовали удлиненный обогреваемый пробоотборный зонд, а сами газоанализаторы размещали в помещении с положительной температурой воздуха. Измерения проводились в непрерывном режиме в течение всего времени холодного старта, пока показания приборов не выходили на плато – в среднем, от 1,5–5 минут при плюсовой температуре до 10–25 минут при минусовой.

Концентрацию CO и NO_x измеряли с помощью газоанализатора Testo-300 XXL (Testo / Германия), прибор можно использовать для измерения концентраций CO , O_2 , NO и NO_2 в системах, работающих на любых видах органического топлива. Для измерения содержания углеводородов (в пересчете на гексан) использовали отечественный газоанализатор «Инфракар 10.02» (ООО «Альфа-динамика» / Россия).

Массу вредных веществ, эмитируемых автотранспортными средствами в атмосферный воздух, определяли расчетным способом, исходя из значений концентраций поллютантов в ОГ, объема ОГ и времени «холодного старта». Продолжительность «холодного старта» определялась по времени выхода показателей аналитических приборов на плато и контролировалась по температуре масла – когда она достигала 95 % от своего конечного значения.

Таблица 1. Основные характеристики испытанных автомобилей

№	Марка АТС	Год выпуска	Объем двигателя, см ³	Тип трансмис.	Пробег, км	Тип двигателя	Тип топлива	Эколог. класс
1	Subaru Forester	2006	1994	Автомат.	65000	Бенз. инжект.	92	Евро 3
2	Chevrolet Lacetti	2009	1598	Мех.	150000	Бенз. инжект.	92	Евро 3
3	Renault Logan	2009	1598	Мех.	25000	Бенз. инжект.	92	Евро 3
4	Ford Mondeo	2008	1998	Автомат.	194000	Бенз. инжект.	95	Евро 3
5	Volkswagen Tiguan	2009	1984	Автомат.	108000	Бенз. инжект.	95	Евро 3
6	Nissan Qashqai	2010	1997	Автомат.	36780	Бенз. инжект.	95	Евро 4
7	Subaru Forester	2011	1994	Автомат.	58146	Бенз. инжект.	95	Евро 4
8	Nissan Qashqai+2	2012	1997	Автомат.	22657	Бенз. инжект.	95	Евро 4
9	Suzuki SX4	2013	1586	Автомат.	30000	Бенз. инжект.	98	Евро 4
10	Mazda 3	2014	1598	Автомат.	69000	Бенз. инжект.	98	Евро 4
11	Skoda Yeti	2012	1197	Мех.	32986	Бенз. инжект.	98	Евро 5
12	BMW X3	2013	1999	Автомат.	29756	Бенз. инжект.	98	Евро 5
13	Mercedes-Benz	2014	1997	Автомат.	6230	Бенз. инжект.	98	Евро 5
14	Land Rover Discovery 3 (1)	2008	2720	Автомат.	69837	Дизель	Диз. топливо	Евро 3
15	LandRoverDiscovery 3 (2)	2008	2720	Автомат.	72184	Дизель	Диз. топливо	Евро 3
16	Volkswagen Touareg	2008	2461	Автомат.	112563	Дизель	Диз. топливо	Евро 4

Результаты экспериментальных исследований эмиссии CO, CH, NO_x в ОГ легковых автомобилей при работе двигателя в режиме пуска и прогрева

Результаты экспериментально-расчетной оценки влияния температуры окружающей среды на выбросы CO, CH и NO_x с ОГ легковых автомобилей экологических классов Евро 3 – Евро 5 при работе двигателя в режиме пуска и прогрева обобщены в табл. 2–4.

Таблица 2. Эмиссия угарного газа, г/старт, бензиновыми и дизельными двигателями легковых автомобилей при пуске и прогреве двигателя в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха	~ -20 °С	~ -7 °С	~ 0 °С	~ +10 °С	~ +23 °С
Легковые автомобили с бензиновыми двигателями					
Евро 3	78,3	46,2	17,9	13,6	6,1
Евро 4	67,2	34,8	16,8	13,1	4,5
Евро 5	51,8	29,3	14,5	8,2	1,5
Легковые автомобили с дизельными двигателями					
Евро 3	7,2	3,8	2,9	1,8	1,3
Евро 4	6,3	3,5	2,7	1,6	0,9

Таблица 3. Эмиссия углеводородов, г/старт, бензиновыми и дизельными двигателями легковых автомобилей при пуске и прогреве двигателя в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха	~ -20 °С	~ -7 °С	~ 0 °С	~ +10 °С	~ +23 °С
Легковые автомобили с бензиновыми двигателями					
Евро 3	25,31	10,62	2,15	2,07	0,71
Евро 4	20,44	7,67	2,83	1,85	0,53
Евро 5	11,32	4,14	0,34	0,26	0,23
Легковые автомобили с дизельными двигателями					
Евро 3	3,52	1,17	0,63	0,38	0,21
Евро 4	2,23	0,87	0,54	0,23	0,17

Таблица 4. Эмиссия оксидов азота, г/старт, бензиновыми и дизельными двигателями легковых автомобилей при пуске и прогреве двигателя в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха	~ -20 °С	~ -7 °С	~ 0 °С	~ +10 °С	~ +23 °С
Легковые автомобили с бензиновыми двигателями					
Евро 3	1,42	0,85	0,62	0,32	0,25
Евро 4	1,17	1,03	0,69	0,41	0,34
Евро 5	1,26	1,32	1,07	0,79	0,53
Легковые автомобили с дизельными двигателями					
Евро 3	2,49	1,47	1,08	0,64	0,55
Евро 4	2,08	1,19	0,84	0,55	0,43

Анализ данных табл. 2–4 показывает, что существует четкая тенденция к увеличению выбросов СО и СН при холодном пуске и прогреве двигателя по мере снижения температуры атмосферного воздуха. Для автомобилей с бензиновыми двигателями экологических классов Евро 3, Евро 4 и Евро 5 при температуре -20 °С количество СО, эмитируемое за время прогрева двигателя, соответственно в 12,8, 14,9 и 34,5 раза выше, чем при температуре 23 °С; количество СН – выше в 35,6, 40,8 и 49,2 раза соответственно. В отличие от СО и СН, показатели выбросов NO_x в режиме пуска двигателя значительно в меньшей степени различались для экологических классов Евро 3 – Евро 5 и в значительно меньшей степени зависели от температуры наружного воздуха.

Для автомобилей с дизельными двигателями также прослеживалась тенденция роста выбросов СО, СН и NO_x по мере снижения температуры окружающей среды, но, ожидаемо, значительно менее выраженная: отношение показателей выбросов по СО, СН и NO_x при -20 °С и 23 °С составили соответственно 5,5–7,1, 13,7–16,7 и 4,5–4,8 раз. Полученные результаты соответствуют данным, полученным авторитетными специалистами в предметной области исследований за рубежом [12, 13].

Результаты проведенных экспериментально-расчетных исследований показали, что выбросы опасных компонентов современных бензиновых и дизельных легковых автомобилей эффективно снижаются с помощью каталитических нейтрализаторов, за исключением режима холодного пуска и прогрева двигателя, поскольку для эффективной работы нейтрализаторов требуется определенная температура (обычно выше 300 °С). Пониженная эффективность каталитической нейтрализации СО, СН и NO_x может быть связана с двумя основными факторами: неоптимальным температурным режимом и отклонением состава топливно-воздушной смеси от стехиометрического соотношения при пуске и прогреве двигателя.

Продолжительность периода так называемого «холодного старта» и, соответственно, количество эмитируемых поллютантов существенно зависят от температуры окружающей

среды, а также от начальной температуры двигателя автомобиля. Анализ показал, что эта проблема чрезвычайно актуальна для городов и урбанизированных территорий Арктической зоны Российской Федерации, где климатическая зима с отрицательными температурами воздуха длится больше полугода (в г. Архангельске и г. Мурманске с октября по апрель включительно, в г. Норильске – с сентября по май включительно).

Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 61 с.
2. Прохоренков А.М. Мониторинг путей поступления загрязняющих веществ в арктическую атмосферу и определение источников её загрязнения // Успехи современного естествознания. 2006. № 4. С. 71.
3. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Гавкалюк Б.В. Методические подходы контроля промышленной санитарно-гигиенической безопасности транспортных и стационарных дизельных установок в Арктике // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 2 (50). С. 58–64.
4. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Комплексная методология оценки и прогнозирования экологических угроз и социально-экономического ущерба, обусловленных опасным воздействием объектов транспорта и теплоэнергетики на население Крайнего Севера // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2019. № 1 (47). С. 8–11.
5. Потапов А.И., Цыплакова Е.Г. Оценка экологической опасности стационарных и нестационарных энергетических установок и их воздействия на состояние атмосферного воздуха северных городов России на примере г. Магадана // Проблемы региональной экологии. 2010. № 4. С. 15–22.
6. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 225 с.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад Министерства природных ресурсов и экологии Рос. Федерации. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/arkticheskaya-zona-rossiyskoy-federatsii/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy/> (дата обращения: 15.06.2020).
8. Ложкин В.Н., Онищенко И.А., Ложкина О.В. Уточненная аналитическая модель катализа отработавших газов в условиях низких температур // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 4. С. 78–85.
9. Цыплакова Е.Г. Снижение экологической опасности автотранспорта при безгаражном хранении в зимнее время года в зоне жилой застройки // Транспортное дело России. 2013. № 6. С. 53–57.
10. Ложкина О.В., Сорокина О.В., Ложкин В.Н. Совершенствование информационного процесса мониторинга экологической безопасности автотранспортных средств при пуске и прогреве двигателя // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 17–24.
11. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg // Transportation Research Procedia. 2018. P. 453–458.
12. Weilenmann M., Favez J.-Y., Alvarez R. Cold-start emissions of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories // Atmospheric Environment. 2009. V. 43. P. 2419–2429.
13. Weilenmann M. Regulated and nonregulated diesel and gasoline cold-start emissions at different temperatures // Atmospheric Environment. 2005. V. 39. P. 2433–2441.
14. ГОСТ Р 52033–2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

15. ГОСТ Р 52160–2003. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

16. ГОСТ Р 54942–2012. Газобаллонные автомобили с искровыми двигателями. Выбросы вредных (загрязняющих) веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

References

1. Vtoroj ochenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. M.: Rosgidromet, 2014. 61 s.

2. Prohorenkov A.M. Monitoring putej postupleniya zagryaznyayushchih veshchestv v arkticheskuyu atmosferu i opredelenie istochnikov eyo zagryazneniya // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2006. № 4. S. 71.

3. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V., Gavkalyuk B.V. Metodicheskie podhody kontrolya promyshlennoj sanitarno-gigienicheskoj bezopasnosti transportnyh i stacionarnyh dizel'nyh ustanovok v Arktike // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2019. № 2 (50). S. 58–64.

4. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Kompleksnaya metodologiya ocenki i prognozirovaniya ekologicheskikh ugroz i social'no-ekonomicheskogo ushcherba, obuslovlennyh opasnym vozdeystviem ob"ektov transporta i teploenergetiki na naselenie Krajnego Severa // Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2019. № 1 (47). S. 8–11.

5. Potapov A.I., Cyplakova E.G. Ocenka ekologicheskoy opasnosti stacionarnyh i nestacionarnyh energeticheskikh ustanovok i ih vozdeystviya na sostoyanie atmosfernogo vozduha severnyh gorodov Rocsii na primere g. Magadana // Problemy regional'noj ekologii. 2010. № 4. S. 15–22.

6. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchej sredy v Rossijskoj Federacii za 2018 god. M.: Rosgidromet, 2019. 225 s.

7. O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2017 godu: Gosudarstvennyj doklad Ministerstva prirodnyh resursov i ekologii Ros. Federacii. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/arkticheskaya-zona-rossiyskoj-federatsii/sostoyanie-okruzhayushchej-sredy/> (data obrashcheniya: 15.06.2020).

8. Lozhkin V.N., Onishchenko I.A., Lozhkina O.V. Utochnennaya analiticheskaya model' kataliza otrabotavshih gazov v usloviyah nizkih temperatur // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 4. S. 78–85.

9. Cyplakova E.G. Snizhenie ekologicheskoy opasnosti avtotransporta pri bezgarazhnom hranenii v zimnee vremya goda v zone zhiloy zastrojki // Transportnoe delo Rossii. 2013. № 6. S. 53–57.

10. Lozhkina O.V., Sorokina O.V., Lozhkin V.N. Sovershenstvovanie informacionnogo processa monitoringa ekologicheskoy bezopasnosti avtotransportnyh sredstv pri puske i progreve dvigatelya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2016. № 4 (40). S. 17–24.

11. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg // Transportation Research Procedia. 2018. P. 453–458.

12. Weilenmann M., Favez J.-Y., Alvarez R. Cold-start emissions of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories // Atmospheric Environment. 2009. V. 43. P. 2419–2429.

13. Weilenmann M. Regulated and nonregulated diesel and gasoline cold-start emissions at different temperatures // Atmospheric Environment. 2005. V. 39. P. 2433–2441.

14. GOST R 52033–2003. Avtomobili s benzinovymi dvigatelyami. Vybrosoy zagryaznyayushchih veshchestv s otrabotavshimi gazami. Normy i metody kontrolya pri ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

15. GOST R 52160–2003. Avtotransportnye sredstva, osnashchennye dvigatelyami s vosplameneniem ot szhatiya. Dymnost' otrabotavshih gazov. Normy i metody kontrolya pri ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

16. GOST R 54942–2012. Gazoballonnye avtomobili s iskrovymi dvigatelyami. Vybrosy vrednyh (zagryaznyayushchih) veshchestv s otrabotavshimi gazami. Normy i metody kontrolya pri ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.845

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО НАСАДКА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИЙ В ГАЗОПОРОШКОВОМ ПОТОКЕ

**А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;
Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук, доцент;
А.С. Константинова.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Определено влияние формы поперечного сечения насадка на распределение фракций различного размера в моделируемом газопорошковом потоке. С помощью критерия Фишера показана статистическая значимость полученных результатов.

Ключевые слова: порошковый огнетушитель, распределение фракций, насадок, огнетушащий порошок

EVALUATION OF THE REGULATING NOZZLE CROSS-SECTION FORM INFLUENCE ON THE FRACTIONS DISTRIBUTION IN THE GAS-POWDER STREAM

A.S. Polyakov; D.F. Kozhevin; A.S. Konstantinova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The influence of the nozzle cross-sectional shape on the distribution of fractions of various sizes in the simulated gas-powder flow is determined. Using the Fisher test shows the statistical significance of the results.

Keywords: powder fire extinguisher, fraction distribution, nozzles, fire extinguishing powder

Известно, что огнетушащая способность порошка определяется удельной поверхностью, то есть зависит от его фракционного состава. В работе [1] проанализированы отечественные и зарубежные труды по изучению влияния фракционного состава порошка на огнетушащую эффективность [2–6]. Экспериментальных данных по изучению распределения частиц различных фракций в поперечном сечении газопорошкового потока среди опубликованных работ авторами не выявлено.

В работах [7, 8] изучены закономерности распределения частиц огнетушащего порошка в поперечных сечениях нерегулируемого нестационарного газового потока. В этих работах эксперимент проведен без изменения формы выходного отверстия модели огнетушителя.

Цель настоящей работы – определение влияния формы поперечного сечения насадки на распределение фракций в газопорошковом потоке.

В эксперименте в качестве огнетушащего порошка использовали соль пищевую, предварительно разделенную методом ситового рассеивания на фракции: крупную (размер частиц 450...629 мкм); среднюю (200...449 мкм) и мелкую (40...199 мкм). Для визуального распознавания частицы окрашивали в цвета: крупную фракцию – в красный цвет, среднюю – в жёлтый, мелкую – в синий.

Порошок соли подавали с помощью модели огнетушителя к картонным мишеням размером 300x300 мм, покрытым лаком для улавливания частиц. Использовали насадки круглого ($d=11$ мм) и щелевого (размер 16x5 мм) сечения горизонтально и вертикально ориентированные. Площадь поперечного сечения щелевого насадка составила на 20 % меньше круглого. Мишени устанавливали последовательно на расстояниях 500 мм (сечение А), 750 мм (сечение Б), 1 000 мм (сечение В) и 1 250 мм (сечение Г), считая от среза модели огнетушителя.

Общая масса навески порошка составляла $10,00 \pm 0,02$ г, содержание каждой фракции – по $3,33 \pm 0,01$ г. Давление истечения струи газопорошкового потока составляло 0,5 МПа. На каждой мишени (после высыхания лака) визуально (по ориентировочной большей концентрации частиц) определяли осевую точку потока и разбивали поверхность мишени на 25 полей. Местоположение центрального поля определено в радиусе 20 мм от осевой точки. Остальные 24 поля распределены в зависимости от удаления и взаимного расположения с ней (рис. 1).

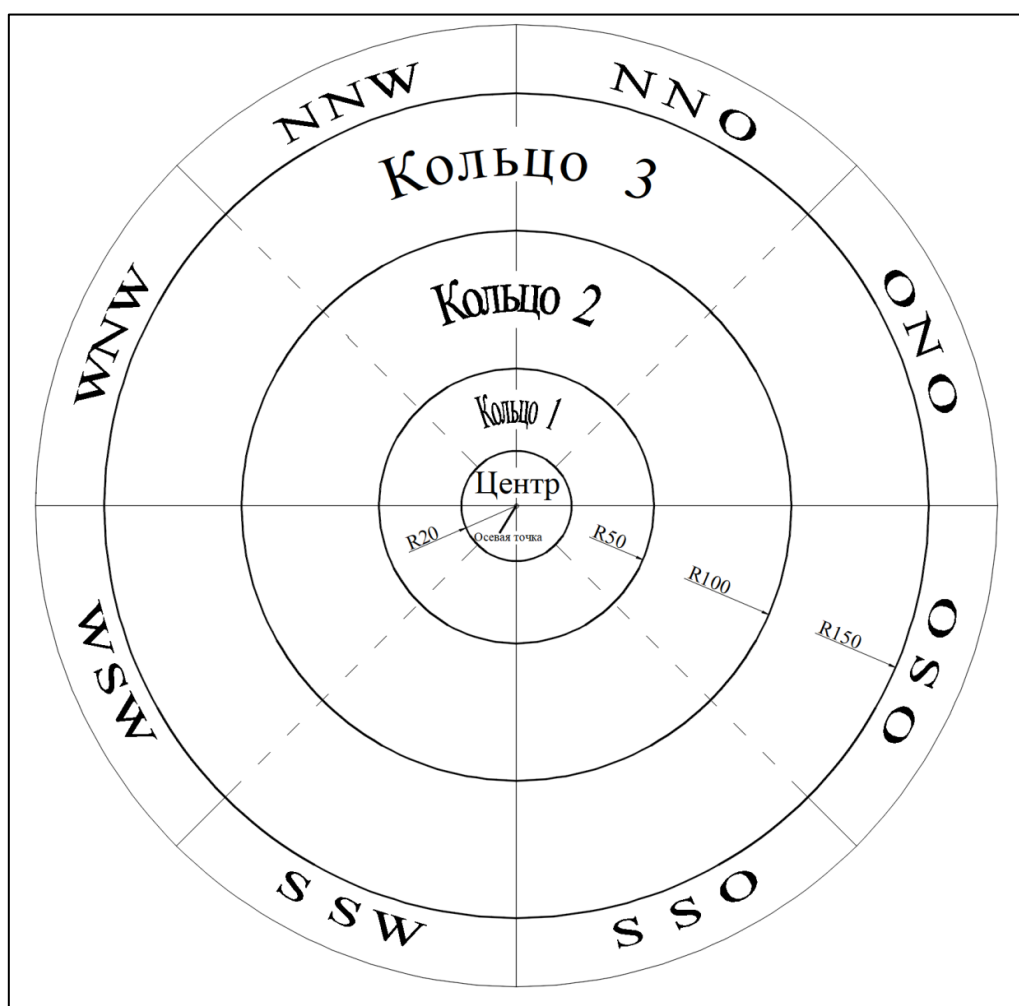


Рис. 1. Схема разбиения мишени на поля: 3 кольца характеризуют удаление поля от осевой точки, 8 румбов – взаимное расположение относительно неё

В каждом поле подсчитывали (с помощью увеличительного стекла кратностью $\times 5$) концентрацию фракций на выборочной площади. Выборочная площадь составляла 2 см^2 для полей первого кольца (что составляет 24 % полной площади каждого поля) и центрального поля (16 % полной площади поля), 3 см^2 – для полей второго кольца (10 % полной площади каждого поля), 4 см^2 – для полей третьего кольца (8 % полной площади каждого поля).

Предварительно была проверена репрезентативность такого объема выборочной площади. Концентрацию для крупной и средней фракций подсчитывали в количестве частиц на единицу площади мишени, для мелкой фракции – в относительной площади сплошного покрытия поверхности мишени. Такой способ подсчета мелкой фракции обусловлен нецелесообразностью выделения отдельных частиц из-за их многослойного наложения друг на друга.

По результатам подсчета частиц (на основе сетки полей) строили области концентраций фракций. Для этого обводили плавной линией поля, в которых значение содержания частиц на единицу выборочной площади находится в заданном интервале (например, для средней фракции выбраны значения 220 ед./см^2 , $100 \dots 220 \text{ ед./см}^2$ и $50 \dots 100 \text{ ед./см}^2$). Пример построения областей концентраций показан на рис. 2.

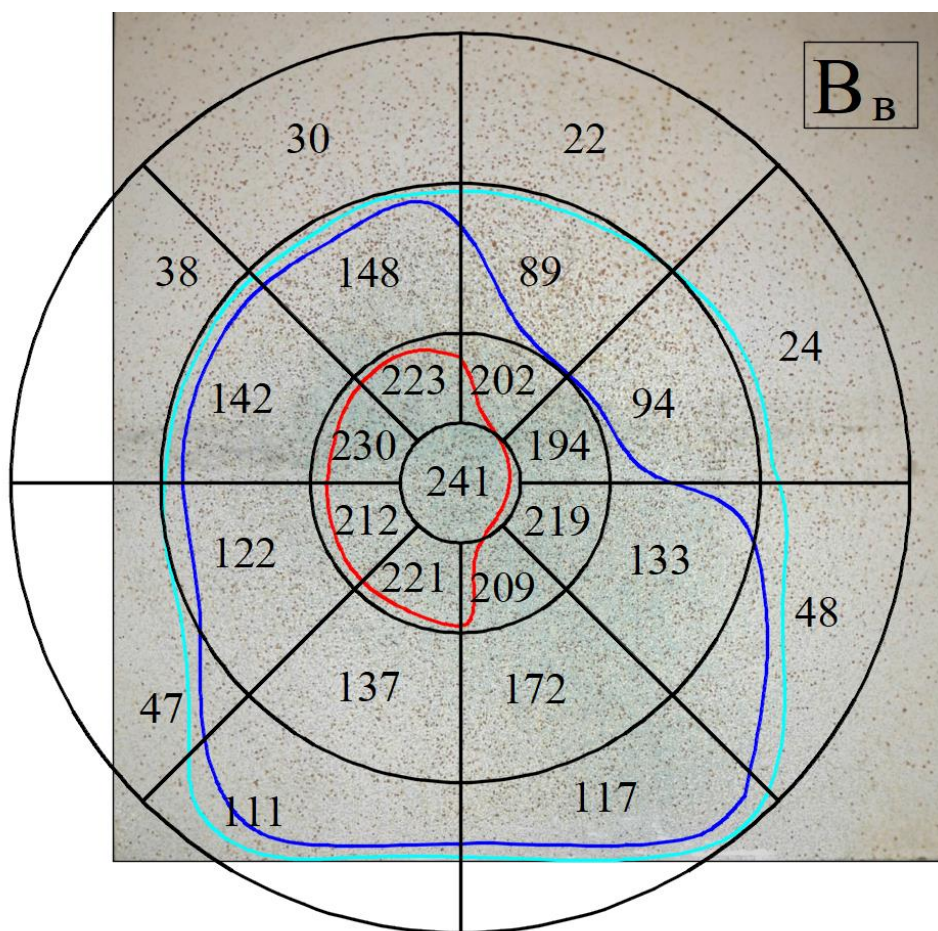
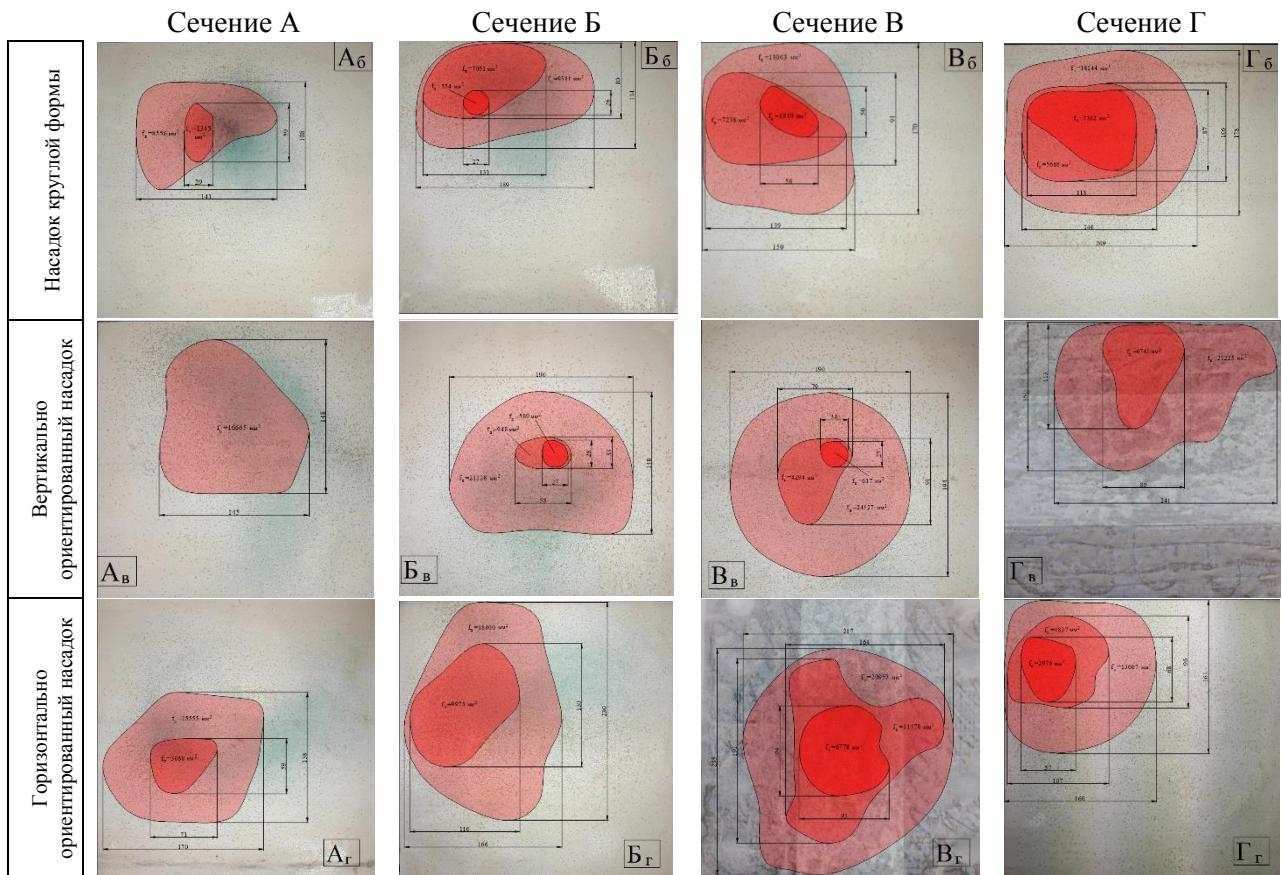


Рис. 2. Построение областей различной концентрации частиц средней фракции

На рис. 2 цифрами обозначена концентрация частиц в поле (ед./см^2); красной линией обозначены границы области с концентрацией частиц более 220 ед./см^2 , синей линией – с концентрацией частиц $100 \dots 220 \text{ ед./см}^2$, голубой линией – с концентрацией $50 \dots 100 \text{ ед./см}^2$.

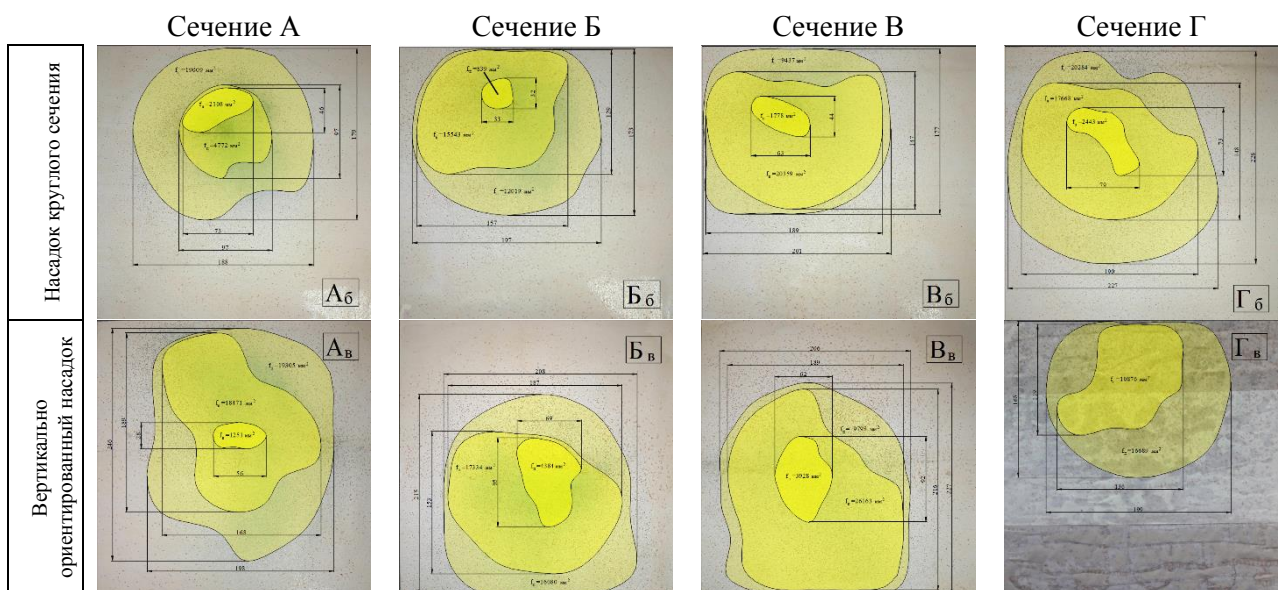
На рис. 3–5 представлены области распределения концентраций различных фракций соли на поверхности мишеней. В неокрашенных областях концентрация частиц не достигает нижнего указанного в легенде рисунка предела.

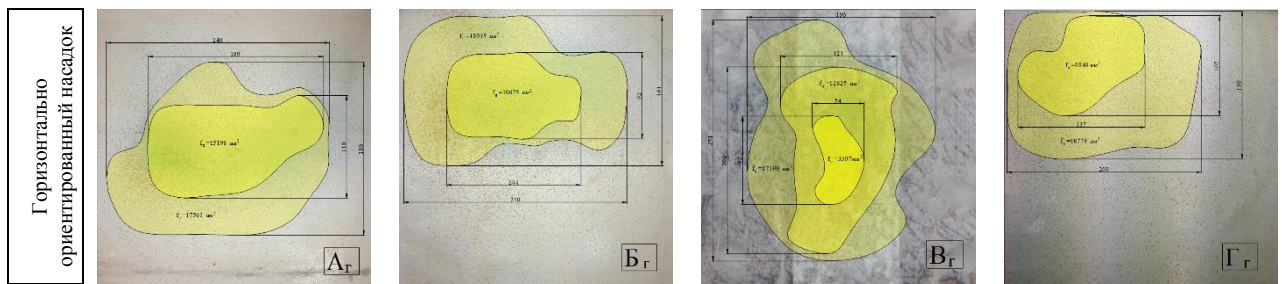


Концентрация частиц в областях:

– 50 частиц/см² и более
 – 35...50 частиц/см²
 – 15...35 частиц/см²

Рис. 3. Области концентраций частиц фракции 450...629 мкм

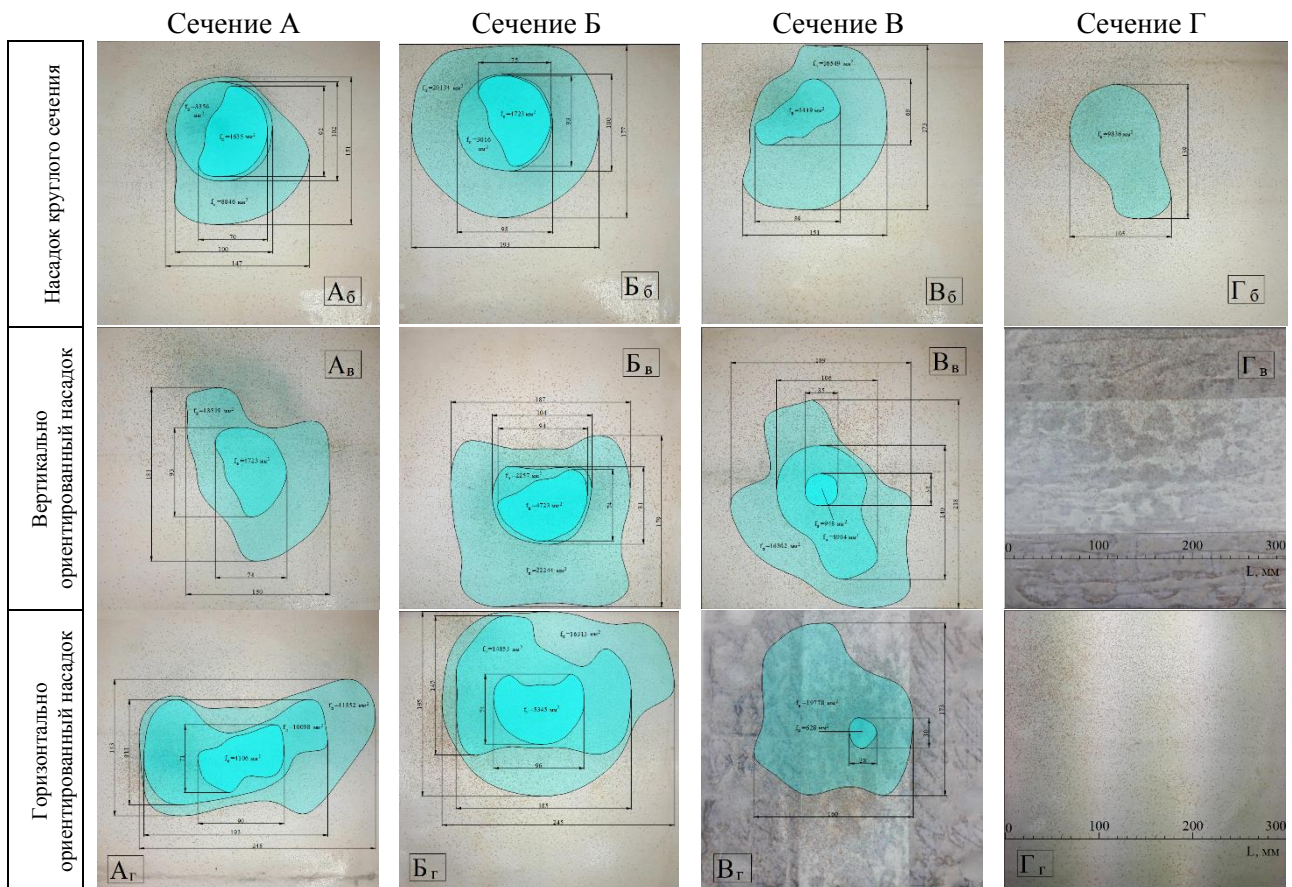




Концентрация частиц в областях:

– 220 частиц/см² и более
 – 100...219 частиц/см²
 – 50...99 частиц/см²

Рис. 4. Области распределения концентраций фракции 200...449 мкм



Концентрация частиц в областях (по величине относительной площади покрытия поверхности мишени):

– 75 % и более
 – 50...74 %
 – 25...49 %

Рис. 5. Области распределения концентраций фракции 40...199 мкм

Визуально различимо влияние формы потока на распределения концентраций при применении щелевых (горизонтально и вертикально ориентированных) насадков на расстоянии 750–1 000 мм от модели огнетушителя. Это подтверждает результаты, полученные в работе [7], в части, касающейся стабильности потока. С увеличением расстояния до 1 250 мм различия формы потока пропадают.

Поля с высокой концентрацией частиц крупной фракции (50 частиц и более на см²) сохраняются на всех исследуемых расстояниях. Площадь полей с высокой концентрацией частиц средней и мелкой фракции уменьшается по мере удаления сечения от огнетушителя.

Концентрация частиц мелкой фракции, обладающей наиболее высоким огнетушащим эффектом, на расстоянии более 1 000 мм незначительна.

Общая площадь полей концентраций частиц увеличивается при удалении мишени от среза огнетушителя во всех случаях. При этом можно наблюдать большее рассеяние частиц средней фракции по сравнению с крупной. Эту закономерность не удалось проследить в сечении Г для частиц мелкой фракции, так как они в силу малой массы почти не долетают до этой мишени.

Наиболее вероятной причиной перечисленных закономерностей является отклонение траектории движения частицы от прямолинейной в сторону земли из-за увеличения гравитационной составляющей действующих на нее сил. Масса крупных частиц достаточна, чтобы преодолеть сопротивление воздуха и долететь до мишени сечения Г, масса остальных частиц не позволяет им в большом количестве долетать до мишеней, расположенных на удалении более 1 000 мм.

Проведена оценка статистической значимости распределения концентраций фракций в полях по критерию Фишера (таблица), где F_p – расчетное значение отношения дисперсий выборок, $F_{кр}$ – критическое значение критерия Фишера.

Таблица. Оценка статистической значимости распределения концентраций фракций в полях по критерию Фишера

Сечение А, поле SSO, кольцо 1						
Форма сечения насадка	Номер выборки				Среднее арифм. значение концентрации частиц, ед./см ²	Дисперсия среднего арифм. значения концентрации частиц, S ₄ ²
	Количество частиц на выборочной площади, ед./см ²					
	1	2	3	4		
Круглая	68	59	54	56	59,3	2145,0
Щель вертикальная	59	51	62	49	55,3	3784,3
Щель горизонтальная	79	95	69	69	78,0	187,4
Расчет отношения дисперсий						
Форма сечения насадка	Щель вертикальная			Щель горизонтальная		
Круглая	$F_p = \frac{S_{Бб}^2}{S_{Вм}^2} = 1,76$ Отклонение незначимое			$F_p = \frac{S_{Бб}^2}{S_{Гм}^2} = 11,45$ Отклонение значимое		
Щель вертикальная	–			$F_p = \frac{S_{Бб}^2}{S_{Гм}^2} = 20,19$ Отклонение значимое		
$F_{кр} = 9,12$, при $F_{кр} > F_p$ – отклонение незначимое; при $F_{кр} < F_p$ отклонение значимое. Заглавной буквой в индексах дисперсии обозначен тип насадка, прописной – большее и меньшее значения дисперсий						

Аналогично проведены расчёты для каждого из 25 полей каждой мишени. Результаты оценки статистической значимости результатов для сечения А в графическом виде представлены на рис. 6. Числа в каждом поле показывают отношение дисперсий; поля, в которых отношение превышает критическое значение $F_{кр}=9,12$ – заштрихованы.

Сечение А
Фракция 450...629 мкм

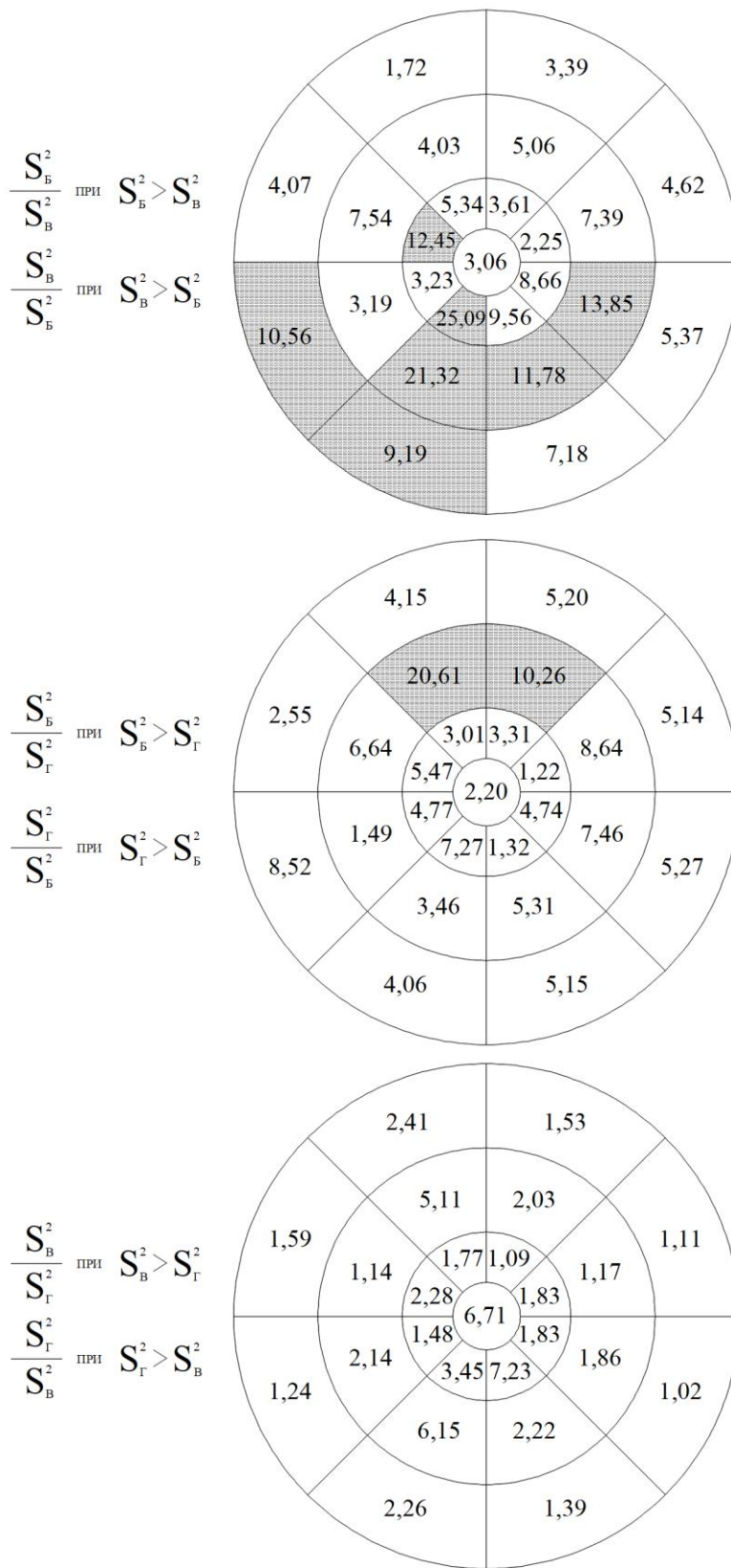


Рис. 6. Статистическая значимость результатов, оцененная по критерию Фишера, для крупной фракции в сечении А

На рис. 6 буквами обозначены дисперсии результатов при подаче порошка: S_B^2 – через насадок круглого сечения, S_B^2 – через вертикально ориентированный щелевой насадок, S_F^2 – через горизонтально ориентированный щелевой насадок.

Оценка статистической значимости результатов показывает, что наибольшее влияние форма насадка оказывает для крупной фракции. Для средней фракции влияние насадка прослеживается в основном в центральной области – центральное поле, кольца 1 и 2. Для мелкой фракции влияние насадка уменьшается с увеличением расстояния от огнетушителя, так как незначительная концентрация частиц на дистанции 1 000 мм и более не позволяет проследить различия формы поперечного сечения потока при подаче через различные насадки.

Следует отметить, что в нормативных документах отсутствуют требования к насадкам на порошковые огнетушители. При этом результаты настоящей работы показывают возможность регулировки формы газопорошкового потока и распределения в нем различных фракций порошка с помощью применения насадка, что может сказаться на эффекте тушения порошковым огнетушителем.

Таким образом, установлено, что щелевой насадок (вертикальной и горизонтальной ориентаций), увеличивая площадь поперечного сечения потока, одновременно на 20 % сокращает дальность доставки средней и мелкой фракции, что видно по областям концентраций на мишенях сечений В и Г (рис. 4, 5). При этом с увеличением расстояния от огнетушителя до мишени влияние формы насадка снижается (рис. 3–5).

Статистическая значимость результатов, оцененная по критерию Фишера, обуславливает необходимость проведения эксперимента по определению влияния насадков на эффект тушения пожара с целью установления целесообразности их использования.

Литература

1. Константинова А.С., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Отечественный и зарубежный опыт оценки свойств огнетушащих порошков // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2019. № 4 (32). С. 34–39.
2. Сабинин О.Ю. Оптимальные характеристики огнетушащих порошков и параметры их подачи для импульсных модулей порошкового пожаротушения: дис. ... канд. техн. наук. М., 2008.
3. Huang D., Wang X., Yang J. Influence of Particle Size and Heating Rate on Decomposition of BC Dry Chemical Fire Extinguishing Powders // Particulate Science and Technology. 2015. Vol. 33. Issue 5. P. 488–493.
4. Yan Y., Han Z., Zhao L., Du Z., Cong X. Study on the relationship between the particle size distribution and the effectiveness of the K powder fire extinguishing agent // Fire and Materials. 2018. Vol. 42. Issue 3. P. 336–344.
5. Lee E., Choi Y. Effects of Particle Size of Dry Water on Fire Extinguishing Performance // Journal of the Korean Society of Safety. 2019. Vol. 34. Issue 3. P. 28–35.
6. Liu H., Zong R., Lo S., Hu Y., Zhi Y. Fire Extinguishing Efficiency of Magnesium Hydroxide Powders under Different Particle Size // Procedia Engineering. 2018. Vol. 211. P. 447–455.
7. Поляков А.С., Кожевин Д.Ф., Константинова А.С. Распределение фракций огнетушащего порошка в моделируемом нестационарном газовом потоке // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 6. С. 80–88.
8. Константинова А.С., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Распределение массы частиц огнетушащего порошка в условиях нестационарного газового потока // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. С. 369–373.

References

1. Konstantinova A.S., Kozhevin D.F., Polyakov A.S. Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt ocenki svojstv ognetchashchih poroshkov // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2019. № 4 (32). S. 34–39.
2. Sabinin O.Yu. Optimal'nye harakteristiki ognetchashchih poroshkov i parametry ih podachi dlya impul'snyh modulej poroshkovogo pozharotusheniya: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2008.
3. Huang D., Wang X., Yang J. Influence of Particle Size and Heating Rate on Decomposition of BC Dry Chemical Fire Extinguishing Powders // Particulate Science and Technology. 2015. Vol. 33. Issue 5. R. 488–493.
4. Yan Y., Han Z., Zhao L., Du Z., Cong X. Study on the relationship between the particle size distribution and the effectiveness of the K-powder fire extinguishing agent // Fire and Materials. 2018. Vol. 42. Issue 3. P. 336–344.
5. Lee E., Choi Y. Effects of Particle Size of Dry Water on Fire Extinguishing Performance // Journal of the Korean Society of Safety. 2019. Vol. 34. Issue 3. P. 28–35.
6. Liu H., Zong R., Lo S., Hu Y., Zhi Y. Fire Extinguishing Efficiency of Magnesium Hydroxide Powders under Different Particle Size // Procedia Engineering. 2018. Vol. 211. P. 447–455.
7. Polyakov A.S., Kozhevin D.F., Konstantinova A.S. Raspredelenie frakcij ognetchashchego poroshka v modeliruemom nestacionarnom gazovom potoke // Pozharovzryvobezopasnost'. 2019. T. 28. № 6. S. 80–88.
8. Konstantinova A.S., Kozhevin D.F., Polyakov A.S. Raspredelenie massy chastic ognetchashchego poroshka v usloviyah nestacionarnogo gazovogo potoka // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Sovremennye metody i tekhnologii preduprezhdeniya i profilaktiki vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij: materialy XI Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2019. S. 369–373.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 004:621.656:504.064

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ АСПЕКТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ И ТРАНСПОРТА

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приводится метод информационной поддержки функционирования системы инструментально-расчетного прогнозирования безопасности объектов энергетики и транспорта по показателям качества воздушной среды в Санкт-Петербурге. Контроль осуществляется путем цифровой обработки информационной базы данных измерений поллютантов стационарными и мобильными станциями, получаемых в реальном масштабе времени, оригинальным нейросетевым способом.

Ключевые слова: информационные аспекты, город, воздушная среда, поллютанты, энергетика и транспорт, моделирование, контроль

RESEARCH OF INFORMATION ASPECTS OF ENSURING THE FUNCTIONING OF THE SECURITY CONTROL SYSTEM FOR ENERGY AND TRANSPORT FACILITIES

V.N. Lojkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A method of information support for the functioning of the system of instrumental and calculated forecasting of the safety of energy and transport facilities based on air quality indicators in Saint Petersburg is presented. The control is carried out by digital processing of the information database of pollutants measurements by stationary and mobile stations, obtained in real time, using an original neural network method.

Keywords: information aspects, city, air environment, pollutants, energy and transport, modeling, control

В городских агломерациях с плотной улично-дорожной сетью в часы интенсивного транспортного движения и периоды аномальных атмосферных явлений [1], затрудняющих перемещение воздушных масс, наблюдаются высокие уровни загрязнения отработавшими, картерными газами и топливными испарениями транспортных средств [2, 3]. Необходимость контроля таких чрезвычайных ситуаций (ЧС) ставит перед оперативными службами МЧС России актуальную задачу проведения оперативного инструментального мониторинга

и долгосрочного расчётного прогнозирования качественного состояния атмосферного воздуха на урбанизированных городских территориях [4].

В настоящей работе рассматриваются информационные аспекты поддержки расчетного мониторинга качества воздушной среды Санкт-Петербурга по диоксиду азота NO_2 и взвешенным аэрозольным частицам опасных размеров (до 10 микрон) PM_{10} , являющихся, по квалифицированному мнению Всемирной организации здравоохранения [5], «приоритетными» загрязнителями атмосферного воздуха (поллютантами).

Объектом исследования являются концентрации поллютантов в приземном слое тропосферы на расстоянии от «подстилающей поверхности» (над водной гладью водоема или почвой земли), соответствующем уровню дыхания человека. Текущие значения концентраций поллютантов формируются случайным образом диффузией в стратифицированной воздушной городской среде отработавших газов (ОГ) тепловых двигателей автомобилей, судов, тепловозов, воздушных судов и тепловых энергетических станций ТЭЦ, эксплуатируемых в акватории города.

Согласно сведениям источника [4] доля поллютантов, приходящаяся только на ОГ поршневых тепловых силовых установок автотранспорта, эксплуатируемого на улично-дорожной сети (УДС) Санкт-Петербурга, составляет около 80 %. Следовательно, остальные загрязняющие атмосферу вещества приходятся на железнодорожный, водный, воздушный транспорт и ТЭЦ, в основном, сжигающие метан.

Предметом исследования являлись ЧС загрязнения воздушной среды NO_2 и PM_{10} , обусловленные устойчивыми, непродолжительными во времени и городском пространстве, а, следовательно, случайно-закономерными физическими явлениями переноса в стратифицированной атмосфере ОГ при неблагоприятных, для естественного разбавления ОГ свежим воздухом, сочетания режимных транспортных (работа тепловых двигателей на форсажных режимах или режимах полной загрузки) и метеорологических параметров (скорость ветра менее 2 м/с, инверсия температуры в приземной тропосфере).

В качестве исходной информационной базы данных для экспериментального и последующего расчетного исследований были взяты доступные сведения о загрязнении городской воздушной среды поллютантами, контролируемые в режиме «онлайн» автоматизированной системой мониторинга (АСМ), эксплуатацию которой производит Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал»» [6]. Измерения концентраций поллютантов АСМ производятся с периодичностью 20 минут (время экспозиции, соответствующее стандартному контролю «максимальной разовой» концентрации опасного для человека химического вещества).

Газообразные и взвешенные в тропосфере твердые и жидкие химические вещества ОГ физическими процессами молекулярной и турбулентной ветровой диффузии (конвекции) перемешиваются в приземном слое атмосферы, вступают между собой в реакции, например, под воздействием световой радиации, и переносятся из мест эксплуатации транспортных средств и ТЭЦ в пределах городской территории в другие районы, удаленные на большие расстояния от передвижных и стационарных источников выбросов ОГ. Анализ работы [7] показал возможность корректного применения для таких условий диффузии поллютантов ОГ в приземном слое атмосферы модели Гаусса.

В связи с тем, что для реализации расчетного мониторинга по аналитическим уравнениям Гаусса, из практических соображений организации информационного процесса, потребовалось корректировать начальные и граничные условия экстремальной задачи ЧС, изменять сведения о значениях констант математических уравнений, численных параметров положения в пространстве города границ фазовых разделов (жидкость, газ), наконец, конструирования иерархии составляющих математических моделей, неизбежно появлялась необходимость учитывать внушительный по объему обновляемый массив операционных информационных данных наблюдений АСМ, авторами [8] для минимизации информационных неопределенностей использовался оригинальный нейросетевой метод [9].

По модели Гаусса изменение концентрации по декартовым координатам в городском пространстве и во времени описывается нормальным законом распределения случайной величины:

$$q(t, x, y, z) = \frac{Q e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right)}}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z}, \quad (1)$$

где x_0, y_0, z_0 – исходные координаты расположения источника выброса исследуемого поллютанта; Q – мощность его выброса в окружающую среду; V_x – параметр, с помощью которого оценивается влияние нагрузки ветра; направление оси ОХ совпадает с направлением, в котором дует ветер; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – средние квадратические отклонения пульсации поллютантов ОГ для фиксированного момента времени t в направлении ОХ, ОУ, ОZ:

$$\sigma_x^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_x(z) dz, \quad \sigma_y^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_y(z) dz, \quad \sigma_z^2 = \frac{2}{h} \int_0^h K_z(z) dz,$$

где h – характерный размер границ приземного слоя тропосферы.

Аппарат математической суперпозиции позволяет уравнение (1) преобразовать в формулу, удобную для расчета концентрации поллютанта при его эмиссии от объектов исследования, как от точечных источников, условно в границах допущений, непрерывного действия:

$$q(t, x, y, z) = \int_0^t \frac{Q \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{(x-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right) \right)}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z} dt.$$

Возникающее неудобство, связанное с вычислением интеграла (при расчете которого аналитические методы, как правило, приводят к сложным аналитическим выражениям, а применение численных подходов весьма трудоемко по времени и необходимым информационным ресурсам), решаем применением кубатурных формул путем замены интеграла выражением для «конечной суммы»:

$$q_n(t, x_i, y_i, z_i) = \sum_{i=0}^n C_i \frac{Q \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{(x_i-x_0-V_x t)^2}{(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y_i-y_0)^2}{(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z_i-z_0)^2}{(\sigma_z)^2 t} \right) \right)}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z}, \quad (2)$$

где C_i – числовой параметр; $x_i \in [0; t]$, $i=0, 1, 2, 3, \dots, n$ – точки интегрирования.

Выражение (2), описывающее изменение концентрации поллютанта (q), следует считать математической моделью искусственной нейронной сети, в которой функция Гаусса используется в качестве радиальной базисной функции для математической аппроксимации исходной гетерогенной информации – формализованные «гауссианами» аналитические закономерности и переменные данные измерений АСМ [7, 8].

По разработанной математической модели были обработаны данные измерений поллютантов АСМ и построены нейронные сети для разных количеств нейронов, а именно $n=5; 10; 15$ и 20 . Оригинальность метода состояла в том, что применялись, согласованно, прием, известный из зарубежной литературы как метод RProp, прием на основе сочетания методов «Облака» при количестве нейронов $n_1=3$ и RProp [8].

По разработанной математической модели был осуществлен «цифровой эксперимент» по нескольким вероятным характерным сценариям загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге при эксплуатации транспортных средств и ТЭЦ. В расчетах использовалось программное обеспечение Mathematica фирмы «Wolfram Research» [7, 8].

На рис. 1, 2 приведены результаты расчетов загрязнения воздуха NO_2 и аэрозольными частицами опасных размеров для человека PM_{10} , которые подтверждают эффективность разработанного метода. Расчеты представлены в геометрической форме «3D поверхности», построенной в зависимости от комплексной векторной характеристики, представляющей скорость и направление ветровой нагрузки [7, 8].

Диаграмма, показанная на рис. 1, соответствует, фактически, чрезвычайным метеоусловиям, а именно загрязнению атмосферы NO_2 при слабом движении воздушных масс в сочетании с выраженной инверсией температуры в тропосфере над Финским заливом по высоте.

Оптимальная реализация математического информационного процесса расчетного мониторинга загрязнения воздуха NO_2 (рис. 1) была обеспечена обработкой данных измерений АСМ методом, как это было ранее отмечено, сочетания приемов «Облака», при $n=5$, RProp, при $n_1=3$. Из рис. 1 наглядно видно, что область экстремального загрязнения воздуха NO_2 (до 10 ПДК_{МР}) вероятно ожидать над Финским заливом в точке с географическими координатами $59^\circ 55'$ с.ш. и $30^\circ 20'$ в.д.

Диаграмма, показанная на рис. 2, так же, как и в первом примере, получена путем математической обработки по разработанной модели данных измерений АСМ аэрозольных частиц PM_{10} . Она соответствует, фактически, изменению ветровой нагрузки в юго-западном направлении, характерном для «Розы ветров» региона Санкт-Петербурга.

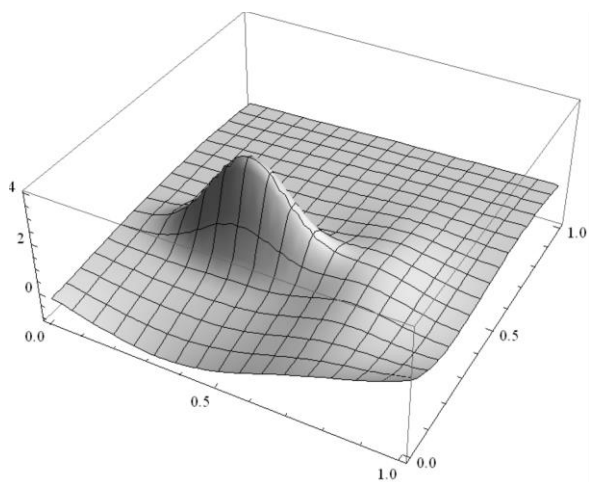


Рис. 1. Характер распределения концентрации NO_2 в Санкт-Петербурге при эксплуатации транспорта и ТЭЦ при anomalно неблагоприятных метеоусловиях [8]

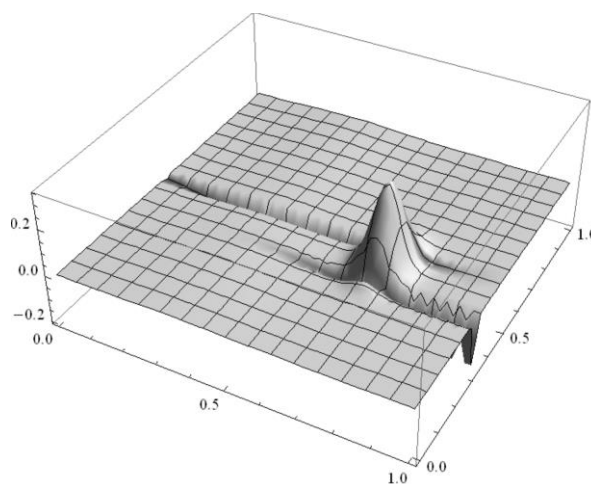


Рис. 2. Характер распределения концентрации PM_{10} в Санкт-Петербурге при эксплуатации транспорта и ТЭЦ при смещении облака смога под воздействием устойчивой ветровой нагрузки [7]

Под воздействием устойчивой ветровой нагрузки облако смога над Финским заливом, образовавшееся в результате эксплуатации транспорта и ТЭЦ, устойчиво смещается в Центральный район с географическими координатами ожидаемого максимума концентрации до 5 ПДК_{МР} $59^\circ 55'$ с.ш. и $30^\circ 20'$ в.д.

Выводы:

1. Исследование информационных аспектов обеспечения функционирования системы контроля безопасности объектов энергетики и транспорта в Санкт-Петербурге на основе методологии построения иерархии приемов нейронных сетей показало целесообразность и эффективность ее применения для прогнозирования загрязнения воздушной среды опасными для горожан химическими веществами NO_2 и PM_{10} , выбрасываемыми в окружающую среду с ОГ тепловых двигателей автомобильного, водного, железнодорожного, воздушного транспорта и ТЭЦ, в условиях действия неблагоприятных метеорологических и транспортно-режимных факторов.

2. Выполненные с помощью оригинального цифрового метода искусственных нейронных сетей, органично сочетающего приемы «Облака» и RProp, информационные изыскания позволили путем обработки данных автоматизированных станций инструментального мониторинга качества воздушной среды в Санкт-Петербурге в реальном временном масштабе и теоретически обоснованного применения аналитического выражения функции Гаусса спрогнозировать вероятно ожидаемые загрязнения воздушной среды NO_2 , над Финским заливом до 10 ПДК_{МР} и PM_{10} в Центральном районе до 5 ПДК_{МР}.

Автор выражает признательность профессорам А.Н. Васильеву, Д.А. Тархову, доктору технических наук О.В. Ложкиной и кандидату технических наук Н.В. Невмержицкому, результаты расчетных исследований которых были использованы для иллюстрации информационных аспектов обеспечения функционирования системы контроля безопасности объектов энергетики и транспорта в Санкт-Петербурге.

Литература

1. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Прогнозирование загрязнения воздуха отработавшими газами двигателей судов и автотранспорта // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 1 (68). С. 59–62.

2. Takeaki Orihara. An Update of Vehicle Emission Control Policies and Regulations in Japan and Tokyo // Motor Vehicle/Vessel Emissions Control Workshop 2016, December 14, 2016. URL: <https://www.polyu.edu.hk/cee/MOVE2016/2-06-ORIHARA.pd>. (дата обращения: 25.05.2020).

3. Michelle L. Bell, Devra L. Davis, Tony Fletcher. A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution // Environmental Health Perspective. 2004. V. 112. № 1. pp. 6–8. DOI:10.1289/ehp.6539. PMID 14698923.

4. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Управление экологической безопасностью городского транспорта. Исследование эффективности управления экологической безопасностью городского транспорта на примере Санкт-Петербурга // LAP Lambert Academic Publishing. 2011. 195 с.

5. Всемирная организация здравоохранения. URL: <http://www.who.int/en/> (дата обращения: 18.06.2020).

6. Экологический портал Санкт-Петербурга. URL: <http://www.infoeco.ru/> (дата обращения: 18.06.2020).

7. Härkönen J. Regulatory dispersion modelling of traffic-originated pollution // Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 38, FMI-CONT-38. University Press, Helsinki, 2002. 103 p.

8. Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевой подход к задачам математической физики. СПб.: Нестор-история, 2015. 260 с.

9. Motor transport related harmful $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} : from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level / O.V. Lozhkina, V.N. Lozhkin, N.V. Nevmerzhtsky, D.A. Tarhov and A.N. Vasilyev // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 772. № 1. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/772/1/012031/meta> (дата обращения: 14.06.2020).

References

1. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Prognozirovanie zagryazneniya vozduha otrabotavshimi gazami dvigatelej sudov i avtotransporta // Transport Rossijskoj Federacii. 2017. № 1 (68). S. 59–62.
2. Takeaki Orihara. An Update of Vehicle Emission Control Policies and Regulations in Japan and Tokyo // Motor Vehicle/Vessel Emissions Control Workshop 2016, December 14, 2016. URL: <https://www.polyu.edu.hk/cee/MOVE2016/2-06-ORIHARA.pdf>. (data obrashcheniya: 18.06.2020).
3. Michelle L. Bell, Devra L. Davis, Tony Fletcher. A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution // Environmental Health Perspective. 2004. V. 112. № 1. pp. 6–8. DOI:10.1289/ehp.6539. PMID 14698923.
4. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Upravlenie ekologicheskoj bezopasnost'yu gorodskogo transporta. Issledovanie effektivnosti upravleniya ekologicheskoj bezopasnost'yu gorodskogo transporta na primere Sankt-Peterburga // LAP Lambert Academic Publishing. 2011. 195 c.
5. Vsemirnaya organizaciya zdavoohraneniya. URL: <http://www.who.int/en/> (data obrashcheniya: 18.06.2020).
6. Ekologicheskij portal Sankt-Peterburga. URL: <http://www.infoeco.ru/> (data obrashcheniya: 18.06.2020).
7. Härkönen J. Regulatory dispersion modelling of traffic-originated pollution // Finnish Meteorological Institute, Contributions No. 38, FMI-CONT-38. University Press, Helsinki, 2002. 103 p.
8. Vasil'ev A.N., Tarhov D.A., Shemyakina T.A. Nejrosetevoj podhod k zadacham matematicheskoj fiziki. SPb.: Nestor-istoriya, 2015. 260 s.
9. Motor transport related harmful PM2.5 and PM10: from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level / O.V. Lozhkina, V.N. Lozhkin, N.V. Nevmerzhitsky, D.A. Tarhov and A.N. Vasilyev // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 772. № 1. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/772/1/012031/meta> (data obrashcheniya: 14.06.2020).

УДК 519.8

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

В.А. Седнев, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации. Академия ГПС МЧС России.

А.В. Седнев.

**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет);
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук.**

**В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные показатели, характеризующие процессы выполнения задач инженерного обеспечения и действий спасательных формирований.

Ключевые слова: инженерное обеспечение действий, спасательные формирования, критерии эффективности, управление

CRITERIA FOR THE EFFECTIVENESS OF ENGINEERING SUPPORT TASKS FOR RESCUE UNITS

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Sednev. Moscow state technical university them. N.E. Bauman (national research university); Institute of machine science of A.A. Blagonravova of the Russian academy of sciences.

V.A. Onov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The main indicators that characterize the processes of performing engineering support tasks and actions of rescue units are considered.

Keywords: engineering support of actions, rescue formations, performance criteria, management

Подготовка, ход и исход действий спасательных формирований, их инженерное обеспечение характеризуются [1] определенными параметрами или показателями. При выполнении задач инженерного обеспечения их действий часто приходится оперировать такими понятиями, как объем задачи, темп выполнения задачи, время, применяемые силы и средства, их состояние и др.

В связи с этим и критерии эффективности должны включать соответствующие показатели, отражающие содержание параметров, характеризующих процессы выполнения задач инженерного обеспечения и действий спасательных формирований.

Остановимся на основных из этих параметров [1, 2]:

– «боеспособность спасательных формирований», «живучесть спасательных формирований», «потери» – наиболее общие и важные показатели, определяющие процесс спасательных и аварийных действий и их исход. Эти параметры могут являться показателями, характеризующими в обобщенном виде эффективность различных задач, в том числе и задач инженерного обеспечения;

– «темпы выполнения задачи» – этот показатель является достаточно общим как применительно к процессу спасательных и аварийных действий в целом, так и к выполнению задач инженерного обеспечения. В связи с этим критерий, характеризующий степень соответствия достигаемого (расчетного) темпа выполнения задачи требуемому, может достаточно полно отражать успех достижения поставленных целей;

– «время выполнения задачи» – фактор времени является одним из важнейших, обуславливающих успех, а, следовательно, и эффективность выполнения задач. Этот показатель в той или иной мере должен учитываться при выборе критериев эффективности инженерного обеспечения спасательных формирований;

– «объем задачи» – этот показатель, как и фактор времени, отражает существенную сторону процесса выполнения задач инженерного обеспечения. Объем задачи может характеризоваться: глубиной задачи, количеством переправляемых людей, техники, других материальных ценностей, количеством возводимых сооружений и т.п. Показатели объемов задач как требуемых, так и выполняемых в определенных условиях за имеющееся время, могут являться важным фактором, характеризующим успех достижения поставленных целей;

– «силы и средства» – эти параметры являются существенными с точки зрения влияния на успех выполнения задач. Они рассматриваются как параметры функции для вычисления показателей эффективности. Целесообразное распределение сил и средств, выбор рациональных способов спасательных и аварийных действий является важнейшей задачей большинства оптимизационных задач и входит в компетенцию лица, принимающего решение;

– «эффективность – стоимость (затраты)». Под затратами в общем плане можно понимать затраты сил, средств, времени, экономические затраты [1–3]. Соотношение «эффективность – стоимость» является важным в вопросах обоснования требований к средствам и системам, применяемым при спасательных и аварийных действиях. Чем выше эффективность, достигаемая на единицу стоимости, тем более рациональным будет и соответствующее решение.

Процесс выполнения задач спасательным формированием подвержен влиянию случайных факторов. Это относится как к параметрам используемых средств, так и к условиям выполнения задач. В связи с этим и критерии эффективности, как правило, носят вероятностный характер.

При этом целесообразно применение следующих характеристик для вычисления показателей эффективности:

– математическое ожидание случайных величин, характеризующих процесс или результат действий (эффект), например, достигаемая очередь инженерного оборудования безопасного района, пункта временного размещения пострадавшего населения за имеющееся время; достигаемый темп подготовки путей, переправы через водную преграду; достигаемая эффективность скрытия и имитации спасательных формирований и объектов;

– вероятности случайных событий, например, вероятность сохранения живучести пункта управления при расчетном воздействии, вероятность сохранения боевого потенциала спасательного формирования, вероятность выполнения задачи за определенное время, вероятность обнаружения объекта и др.;

– математические ожидания случайных величин и вероятности случайных событий как функции времени. В качестве примера можно рассмотреть: зависимости вероятности обнаружения (необнаружения) объектов, живучести спасательных формирований, объема выполняемой задачи и других от времени.

Ввиду сложности и многофакторности инженерного обеспечения для его оценки применяются [1] главные (обобщенные) и частные (дополнительные) критерии эффективности.

Главные или обобщенные критерии должны отражать наиболее существенные стороны процесса подготовки и ведения спасательных и аварийных действий, конечный результат влияния инженерного обеспечения на действия спасательных формирований.

К таким критериям можно отнести: сохранение боевого потенциала спасательного формирования (обобщенной числовой характеристики его возможностей, изменение темпа выдвижения, маневра и т.п.).

К числу частных или дополнительных критериев можно отнести время задержки спасательных формирований, уменьшение (увеличение) их потерь, изменение возможностей средств и др.

Количественно степень влияния инженерного обеспечения как подсистемы действий спасательного формирования на сохранение боевого потенциала или темп выполнения задачи следует оценивать приращением соответствующих показателей. Такой критерий характеризует «вклад» инженерного обеспечения в достижение конечного результата, определяющего выполнение задач. Исходя из этого, задачи инженерного обеспечения по влиянию на боевой потенциал можно оценивать по формуле [1]:

$$K_{\text{Э}}^{\text{БП}} = \frac{B_n^{(\text{ИО})} - B_n^{(\text{ОИО})}}{B_n^{(0)}}, \quad (1)$$

где $B_n^{(\text{ИО})}$ – боевой потенциал спасательного формирования, вычисленный при условии выполнения задач инженерного обеспечения; $B_n^{(\text{ОИО})}$ – то же, но при условии, что задачи инженерного обеспечения не выполняются; $B_n^{(0)}$ – начальное значение боевого потенциала (без учета возможного воздействия).

Эффективность инженерного обеспечения по влиянию на снижение возможного темпа развития чрезвычайной ситуации (ЧС) предлагается оценивать по зависимости:

$$K_{\text{Э}}^{\text{V}} = \frac{V_n^{(\text{ОИО})} - V_n^{(\text{ИО})}}{V_n^{(\text{ОИО})}} = 1 - \frac{V_n^{(\text{ИО})}}{V_n^{(\text{ОИО})}}. \quad (2)$$

где $V_n^{(\text{ОИО})}$ – возможный темп развития ЧС в предположении, что задачи инженерного обеспечения не выполняются; $V_n^{(\text{ИО})}$ – то же при выполнении задач инженерного обеспечения действий спасательных формирований.

В качестве дополнительного критерия эффективности функционирования системы инженерного обеспечения может быть время задержки темпа развития ЧС на определенных рубежах и др.

Эффективность инженерного обеспечения по влиянию на темп выдвижения спасательных формирований в зону ЧС можно оценить величиной:

$$K_{\text{Э}}^{\text{V}} = \frac{V_C^{(\text{ИО})} - V_C^{(\text{ОИО})}}{V_{\text{mp}}}, \quad (3)$$

где $V_C^{(\text{ИО})}$ – возможный темп выдвижения спасательных формирований в зону ЧС или предполагаемый район выполнения работ при осуществлении инженерного обеспечения; $V_C^{(\text{ОИО})}$ – то же при отсутствии инженерного обеспечения действий спасательных формирований; V_{mp} – планируемый темп в соответствии с решением.

Показатели вида (1–3) определяются применительно к определенным этапам действий спасательных формирований.

Рассмотрим основные соотношения для оценки эффективности задач инженерного обеспечения.

Инженерная разведка. Под эффективностью инженерной разведки понимается степень влияния данных разведки на действия и потери спасательных формирований, рациональное распределение инженерных сил и средств при выполнении задач инженерного обеспечения в условиях конкретной оперативной и инженерной обстановки.

Эффективность инженерной разведки в первую очередь зависит от времени, количества, типов разведанных объектов, места их расположения в соответствующих районах. Количественно эффективность выполнения задачи целесообразно оценивать критериями вида:

$$K_{BЗ} = \frac{Q_{PC}}{Q_{TP}},$$

то есть отношением числа обнаруженных объектов (с учетом их типов) к общему их числу, а эффективность задачи – недопущением потерь спасательных подразделений, более рациональным использованием сил и средств.

Для этого целесообразно использовать соотношения вида (1) и (3).

Инженерное (фортификационное) оборудование районов, занимаемых спасательными формированиями и пострадавшим в ЧС населением. Под эффективностью инженерного (фортификационного) оборудования районов, занимаемых спасательными формированиями и пострадавшим в ЧС населением, понимается степень его влияния на живучесть людей или сохранение боевого потенциала спасательных формирований в условиях конкретной обстановки.

Количественно эффективность инженерного (фортификационного) оборудования по влиянию на живучесть людей или сохранение боевого потенциала спасательных формирований может быть оценена по формуле вида (1) [1]:

$$K_{\Phi O}^{БП} = \frac{B_{П}^{(\Phi O)} - B_{П}^{(O\Phi O)}}{B_{П}^{(0)}},$$

где $B_{П}^{(\Phi O)}$ – живучесть людей или боевой потенциал спасательных формирований при выполнении инженерного (фортификационного) оборудования; $B_{П}^{(O\Phi O)}$ – то же при отсутствии инженерного (фортификационного) оборудования; $B_{П}^{(0)}$ – начальное значение живучести или боевого потенциала. Вычисление величин должно проводиться с учетом выполнения других задач инженерного обеспечения, например, задач скрытия и имитации.

Пример: оценить эффективность инженерного (фортификационного) оборудования безопасного района, пункта временного размещения пострадавшего в ЧС населения, пункта временной дислокации спасательного формирования, при этом живучесть может быть оценена по формуле:

$$B = Q = 1 - P_{об} \cdot P_{пор},$$

где $P_{об}$ – вероятность обнаружения района; $P_{пор}$ – вероятность поражения людей или личного состава при расчетном воздействии.

Пусть для первого варианта $P_{об}=1$, а вероятности поражения при инженерном (фортификационном) оборудовании и без него, соответственно, равны $P_{пор}^{(\Phi O)}=0,2$; $P_{пор}^{(O\Phi O)}=1$. Тогда:

$$K_{\Phi O}^{(1)} = \frac{(1-1 \cdot 0,2) - (1-1 \cdot 1)}{1} = 0,8,$$

то есть приращение живучести на 80 % достигается за счет инженерного (фортификационного) оборудования.

Если при тех же значениях $P_{пор}^{(\Phi O)}$ и $P_{пор}^{(O\Phi O)}$ вероятность обнаружения равна 0,5, то эффективность инженерного (фортификационного) оборудования:

$$K_{\Phi O}^{(2)} = \frac{(1-0,5 \cdot 0,2) - (1-0,5 \cdot 1)}{1} = 0,4,$$

то есть приращение живучести в два раза ниже, чем для первого случая, так как вероятность обнаружения тоже снижается в два раза.

Преодоление разрушений. Под эффективностью инженерного обеспечения преодоления разрушений понимается степень его влияния на темп выдвижения (маневра) спасательных формирований в условиях конкретной обстановки. Количественно эффективность задачи можно оценить по соотношению вида:

$$K_{ПЗ} = \frac{V_C^{(ПЗ)} - V_C^{(ОПЗ)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ПЗ)}$ – расчетный темп выдвижения; $V_C^{(ОПЗ)}$ – темп выдвижения в предположении, что инженерное обеспечение не выполняется; $V_{ТР}$ – требуемый (заданный) темп выдвижения.

В качестве дополнительных критериев эффективности инженерного обеспечения преодоления разрушений могут быть приняты показатели, характеризующие снижение потерь спасательных формирований, времени задержки и др.

Подготовка и содержание путей. Под эффективностью подготовки и содержания путей понимается степень влияния выполняемой задачи на обеспечение темпа выдвижения, маневра и развертывания спасательных формирований в условиях конкретной оперативной и инженерной обстановки.

Количественно эффективность подготовки путей может быть оценена показателем:

$$K_{ПП} = \frac{V_C^{(ПП)} - V_C^{(ОПП)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ПП)}$ – расчетный темп выдвижения спасательных формирований при выполнении задачи; $V_C^{(ОПП)}$ – расчетный темп выдвижения в предположении, что подсистема подготовки путей не функционирует; $V_{ТР}$ – требуемый темп выдвижения (маневра, развертывания).

В качестве дополнительных критериев могут приниматься показатели снижения потерь спасательных формирований и времени их задержки на определенных рубежах, этапах и др.

Инженерное обеспечение переправы через водную преграду. Под эффективностью инженерного обеспечения переправы через водную преграду понимается степень соответствия достигаемого темпа переправы через водную преграду заданному темпу переправы в условиях конкретной обстановки.

Показатель эффективности инженерного обеспечения переправы через водную преграду может быть вычислен по формуле:

$$K_{\Phi} = \frac{V_C^{(ИОФ)} - V_C^{(ОИОФ)}}{V_{ТР}},$$

где $V_C^{(ИОФ)}$ – расчетный темп переправы через водную преграду при его инженерном обеспечении; $V_C^{(ОИОФ)}$ – то же при условии, что инженерное обеспечение переправы через водную преграду не осуществляется; $V_{ТР}$ – заданный темп переправы через водную преграду (преодоления водной преграды).

Если переправа через водную преграду без инженерного обеспечения невозможна, величина $V_C^{(ОИОФ)}$ принимается равной нулю.

В качестве дополнительных критериев эффективности могут быть приняты показатели снижения потерь личного состава спасательных формирований, переправочных средств, живучесть и др.

Создание системы заграждений. Под эффективностью системы заграждений понимается ее влияние на снижение темпа развития ЧС. Количественный показатель эффективности может быть получен по формуле, аналогичной (2):

$$K_{\text{ЭСЗ}} = \frac{V_{\Pi}^{(OCЗ)} - V_{\Pi}^{(CЗ)}}{V_{\Pi}^{(OCЗ)}} = 1 - \frac{V_{\Pi}^{(CЗ)}}{V_{\Pi}^{(OCЗ)}},$$

где $V_n^{(OCЗ)}$ – возможный темп развития ЧС в предположении, что система заграждений не создается; $V_n^{(CЗ)}$ – то же при создании системы заграждений.

Дополнительным показателем эффективности системы заграждений может быть время задержки темпа развития ЧС.

Оценку эффективности системы заграждений целесообразно проводить применительно к отдельным рубежам, районам или задачам.

Задача вычисления показателей эффективности инженерного обеспечения требует моделирования процесса спасательных и аварийных действий спасательных формирований с учетом инженерного обеспечения.

Литература

1. Исследование операций: учеб. / Л.А. Егоров [и др.]; под ред. Б.Н. Юркова. М.: Военно-инженерная академия, 1990. 529 с.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 256 с.
3. Седнев В.А., Седнев А.В. Оценка эффективности применения программно-аппаратных платформ // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 6. С. 46–52.

References

1. Issledovanie operacij: ucheb. / L.A. Egorov [i dr.]; pod red. B.N. Yurkova. M.: Voennoinzhenernaya akademiya, 1990. 529 s.
2. Chuev Yu.V. Issledovanie operacij v voennom dele. M.: Voenizdat, 1970. 256 s.
3. Sednev V.A., Sednev A.V. Ocenka effektivnosti primeneniya programmno-apparatnyh platform // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. 2019. № 6. S. 46–52.

Материал поступил в редакцию 15 июня 2020 г.; принят к публикации 30 сентября 2020 г.

УДК 621.391

СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

С.С. Дворников, кандидат технических наук.

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Представлены процедуры синтеза гибридных сигналов, состоящих из фрагментов гармоник и вейвлетов на основе ключевой схемы. Приведены результаты исследования свойств гибридных сигналов, в частности, параметрической мимикрии. Рассмотрены особенности обработки гибридных сигналов в шумах. Продемонстрированы их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: алгоритм синтеза гибридных сигналов, параметрическая мимикрия, фильтрация сигналов, когерентная обработка

SYNTHESIS OF HYBRID SIGNALS FOR INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS

S.S. Dvornikov.

Military academy of communications of Marshal of Soviet Union S.M. Budenny

The synthesis procedures for hybrid signals consisting of fragments of harmonics and wavelets based on a key scheme are presented. The results of a study of the properties of hybrid signals, in particular, parametric mimicry, are presented. The features of processing hybrid signals in noise are considered. Their advantages and disadvantages are demonstrated.

Keywords: hybrid signal synthesis algorithm, parametric mimicry, signal filtering, coherent processing

В науке под понятием «гибрид» (от лат. hybrida, hybrida – помесь) понимают результат, полученный вследствие скрещивания различающихся форм (структур). Первоначально данное понятие появилось в ботанике [1] для описания новых видов растений. Но в настоящее время данный термин активно используется в технике для того, чтобы подчеркнуть преемственность форм или свойств, полученных от различных структур.

В частности, широко данный термин используется в машиностроении [2], где под гибридными силовыми установками понимают устройства, полученные путем конструктивного совмещения разных типов приводов с целью объединения их наиболее сильных сторон. А в работе [3] понятие «гибридное» применено к распределениям энергии, являющимся обобщенными представлениями по отношению к частотно-временным распределениям класса Коэна и масштабно-временным распределениям аффинного класса. В рассматриваемом контексте, к классу аффинных распределений относятся масштабно-временные распределения на основе вейвлетов [4, 5]. В соответствии с рассмотренными подходами, понятие «гибридные» в работе [6] было применено и к сигналам, сформированным в различных функциональных базисах. Указанные сигналы характеризуются параметрической скрытностью или мимикрией с позиций несанкционированного определения их параметров, существенных для последующей обработки. Но если сигналы, непосредственно сформированные в базисах вейвлетов, достаточно полно исследованы научной общественностью [7–12], то гибридные сигналы, представленные в работе [13], еще не получили должной оценки. В связи с указанными обстоятельствами в настоящей статье представлены результаты исследования свойств гибридных сигналов и особенности их синтеза.

Физические особенности гибридных сигналов

Вопросы обеспечения конфиденциальности передачи сообщений достаточно часто затрагиваются в различных изданиях [14, 15], что определяет их актуальность. В настоящее время разработано достаточно много различных эффективных подходов в рамках данного аспекта [15]. Однако факт применения технических средств защиты легко идентифицируется по демаскирующим признакам [16], что является нежелательным явлением. Более перспективным в этом плане видится подход, рассмотренный в работе [6], основанный на структурной скрытности. Свойство мимикрии гибридных сигналов основано на том, что их обработка в отсутствие априорной информации об их структуре приведет к неправильной идентификации, то есть распознаванию [17]. И, как результат, к неправильному выбору устройств демодуляции и декодирования [18]. При этом использование гибридных сигналов не приводит к существенному снижению информационной скорости в ограниченном частотном канале. Поскольку гибридный сигнал синтезируется из фрагментов радиоимпульсов, сформированных в различных структурных базисах [19], то учитывая разнообразие модуляционных форматов, количество возможных видов гибридных сигналов тоже будет значительным. В настоящей статье рассмотрим особенности синтеза фазоманипулированных гибридных сигналов бинарного типа. Наиболее помехоустойчивым видом манипуляции является двойная фазовая манипуляция (ФМ-2) [20]. Принцип ее реализации состоит в инверсии фазы при смене позиции. Классический синтез сигналов ФМ-2 основан на инверсии фазы гармонического несущего колебания под воздействием информационных импульсов [21], но к гибридным сигналам он неприменим. Гибридный сигнал состоит из фрагментов радиоимпульсов гармонического колебания (рис. 1):

$$s(t) = \cos(2\pi ft + \varphi),$$

и вейвлета Гаусса первого порядка:

$$\psi(t) = -t \exp(-t^2 / 2). \quad (1)$$

Анализ выражения (1) указывает на локализованный характер функции $\psi(t)$, то есть синтез непрерывного колебания на его основе, в принципе, невозможен. Но вейвлет на основе функции Гаусса может быть использован как формирующий элемент для синтеза сигналов методом последовательной конкатенации, предложенным в работах [11, 22].

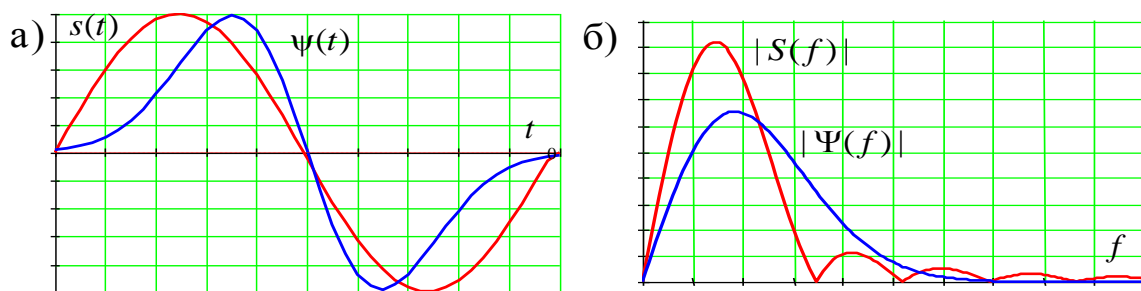


Рис. 1. Формирующие фрагменты гибридного сигнала:
а) во временной области; б) в частотной области

С позиций синтеза сигналов методом конкатенации (рис. 2) предпочтительным видится использование именно вейвлетов, ввиду уникальности их свойств локализации энергии в частотно-временном континууме, что продемонстрировано на рис. 1. Если спектр вейвлета $|\Psi(f)|$ фактически полностью локализован, то для спектра фрагмента гармоники $|S(f)|$ характерны биения в частотной области.

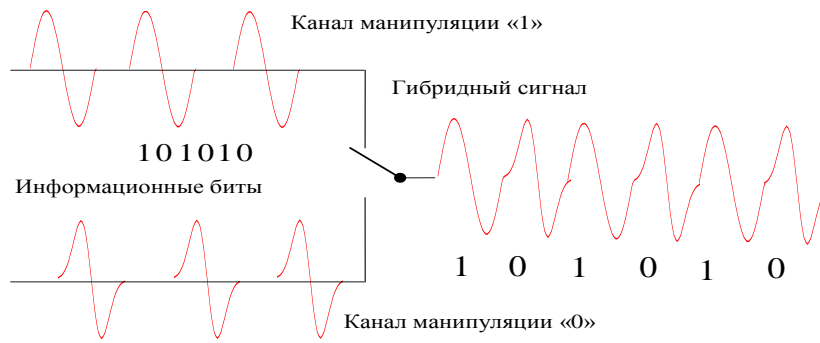


Рис. 2. Принцип синтеза гибридного сигнала

На рис. 2 представлен принцип синтеза гибридного сигнала на основе ключевой схемы с последующей конкатенацией формирующих фрагментов, порядок следования которых определен информационной последовательностью. Более подробно реализация указанных процедур описана в работе [13].

Особенности приема гибридных сигналов

Интересной особенностью гибридных сигналов является необязательность смены полярности фазы при условии корреляционной обработки на приеме. Дело в том, что для снижения пик-фактора результирующего сигнала [23] в работе [13] обоснована необходимость выравнивания амплитуд формирующих фрагментов. Однако из-за различий распределений энергии на длительности импульса гармоника и вейвлета [24] (рис. 3) при несанкционированном приеме гибридного сигнала могут возникнуть проблемы его демодуляции методом корреляционной обработки [25].

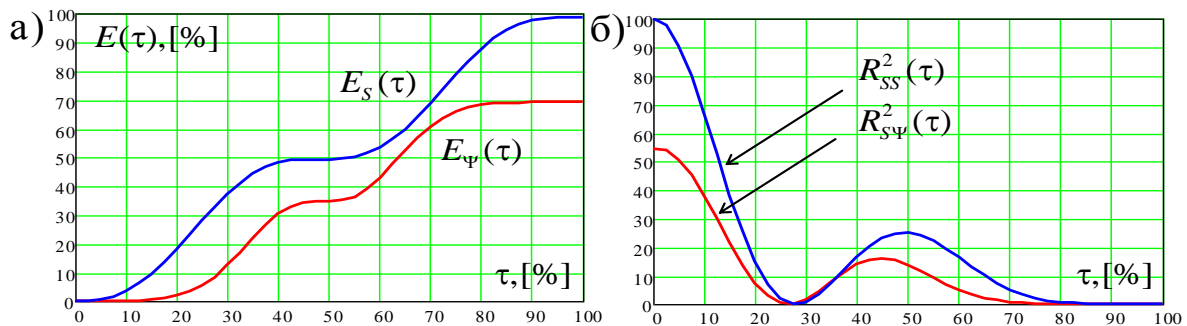


Рис. 3. Распределение энергии фрагментов гибридного сигнала:
а) по времени; б) распределение энергии функции корреляции

Так, на рис. 3 а представлены нормированные распределения энергии фрагментов гибридного сигнала, описываемые следующим выражением:

$$E_s(\tau) = \int_0^{\tau} s^2(t) dt, \quad E_{\psi}(\tau) = \int_0^{\tau} \psi^2(t) dt.$$

Анализ результата показывает, что скорость нарастания энергии различна. При этом у вейвлета в течение первых и последних 20 % времени изменений энергии не происходит в принципе. Причем минимальные различия (в 10 %) наблюдаются на длительности элемента сигнала в 70 %, а максимальные (в 30 %) на длительности – 100 %. Указанные физические различия оказывают существенное влияние на значения корреляционной функции, определяемой выражением:

$$R_{SS}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^{T-\tau} s(t)s(t+\tau) dt, \quad R_{S\Psi}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^{T-\tau} \psi(t)s(t+\tau) dt.$$

На рис. 3 б представлены нормированные значения мощности функций взаимной $R_{S\Psi}(\tau)$ и автокорреляции $R_{SS}(\tau)$ фрагментов сигналов $\psi(t)$ и $s(t)$. Анализ результатов показывает, что физические различия скорости нарастания энергии приводят к существенным изменениям и функций корреляций (фактически в два раза), что обеспечивает возможность их разделения на приеме при условии априорной информации о параметрах гибридного сигнала.

Мимикрия гибридных сигналов

Для систем с ограниченным доступом к информации наиболее интересным свойством является свойство параметрической мимикрии [6], которое проявляется в том, что в условиях отсутствия априорной информации о структуре сигнала его параметры могут быть неправильно идентифицированы. В частности, на рис. 4 показаны фрагменты временных реализаций гибридного сигнала без шумов $g(t)$ и в шумах $\tilde{g}(t)$ при уровне отношения сигнал/шум порядка 15 дБ (характерно для радиоканала декаметрового диапазона [23]).

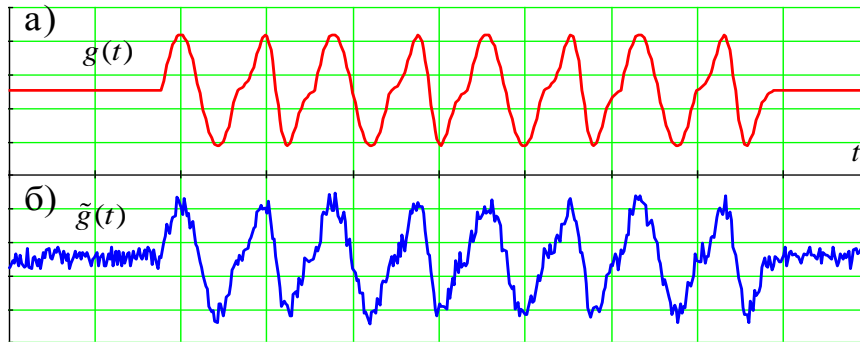


Рис. 4. Временное представление гибридного сигнала:
а) без шумов; б) в шумах

В ходе эксперимента синтез шумов осуществлялся в соответствии с рекомендациями, представленными в работе [26]. На рис. 5 представлены спектры сигналов $g(t)$ и $\tilde{g}(t)$.

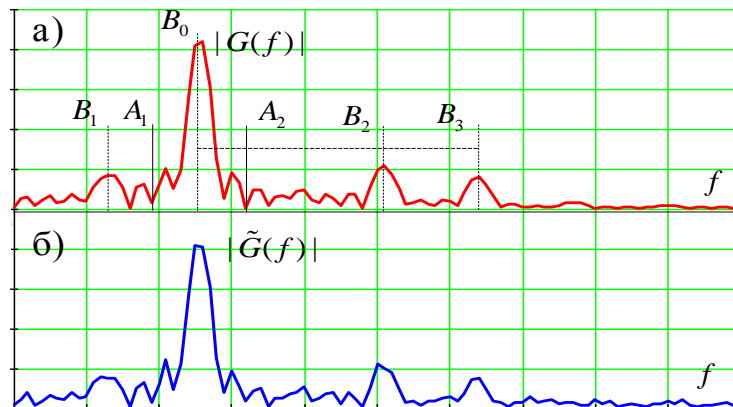


Рис. 5. Спектры фрагментов гибридных сигналов:
а) без шумов; б) в шумах

На рис. 5 изображены спектры реализаций гибридного сигнала без шумов $G(f)$ и в шумах $\tilde{G}(f)$. На рис. 5 а B_1, B_2, B_3 значимые спектральные компоненты, характеризующие вейвлет-элементы гибридного сигнала, а A_1, A_2 – ширина спектра основного лепестка.

Анализ полученных результатов показывает, что амплитудные значения главного спектрального компонента B_0 более чем в четыре раза превышают величину остальных. При том, что значимые спектральные компоненты B_1, B_2, B_3 удалены от B_0 на величину, более чем в три раза превышающую ширину спектра основного лепестка. Поэтому в условиях шумов, при отсутствии априорных сведений о структуре гибридного сигнала, фильтрацию логично проводить в пределах третьей гармоники основного лепестка (на рис. 5 границы основного лепестка по третьей гармонике обозначены как A_1, A_2). Но после такой фильтрации обрабатываемый сигнал теряет свойства гибридности (рис. 6).

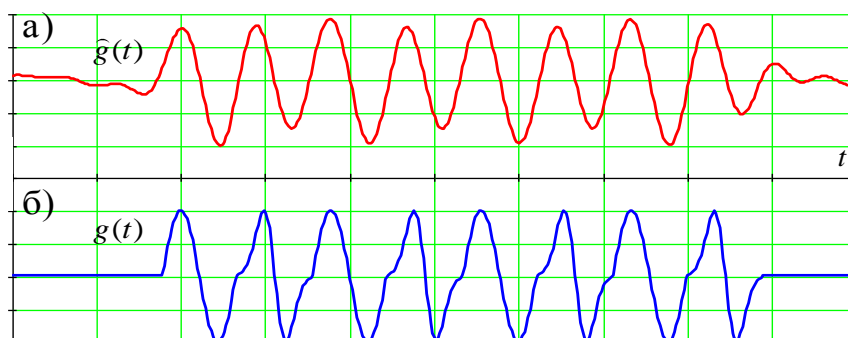


Рис. 6. Фрагменты гибридных сигналов:
а) после фильтрации; б) исходного

Результаты эксперимента, представленные на рис. 6, подтверждают правомерность сделанного предположения. Действительно, фильтрованный сигнал $\hat{g}(t)$ полностью потерял признаки гибридности. По своей структуре он стал близок к сигналам с минимальными частотными сдвигами. Поскольку фильтрация приводит к потере модуляционной информации, то недостатком гибридных сигналов является частотная избыточность.

Полученные результаты исследования гибридных сигналов подтвердили их свойство параметрической мимикрии, что делает их интересными для систем передачи конфиденциальной информации. Представленные в статье процедуры их синтеза подтверждены патентом на изобретение [13], указывают на их практическую реализуемость. Предварительная оценка показала возможность их когерентной демодуляции на уровне 10 дБ, но данный результат требует более детального исследования.

Литература

1. Щербакова А.А. История ботаники в России до 60-х годов XIX века (додравиновский период). Новосибирск: Наука, 1979. 368 с.
2. Наука о гибридах от 24 окт. 2013 г. URL: Autonews: <https://www.autonews.ru/news/58259e599a7947474311fef6> (дата обращения: 12.06.2020).
3. Дворников С.В. Обобщенные гибридные масштабно-частотно-временные распределения в частотно-временном пространстве: продолжение обзора // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 4. С. 20–35.
4. Flandrin P., Gonsalves P. Geometry of affine distributions // Proceedings of IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis, 25-28 October 1994. Philadelphia, PA, USA, 1994. PP. 80–83.

5. Дворников С.В., Сауков А.М. Модификация частотно-временных описаний нестационарных процессов на основе показательных и степенных функций // Научное приборостроение. 2004. Т. 14. № 3. С. 76–85.
6. Дворников С.В., Манаенко С.С., Дворников С.С. Параметрическая мимикрия сигналов, модулированных колебаниями и сформированных в различных функциональных базисах // Информационные технологии. 2015. Т. 21. № 4. С. 259–263.
7. Анжина В.А., Клушин А.А. Исследование методов повышения помехозащищенности сигналов в системах радиосвязи // Исследования наукограда. 2012. № 1 (1). С. 9–12.
8. Дворников С.С. Формирование широкополосных сигналов на основе вейвлетов для передачи сигналов диагностики // Контроль. Диагностика. 2015. № 6. С. 54–60.
9. Дворников С.С., Рашич А.В., Булаева Ю.Е. Фазоманипулированные вейвлет-сигналы // Научная мысль. 2016. № 1. С. 56–61.
10. Хеин М.З. Современное состояние проблемы обработки, анализа и синтеза речевых сигналов // Computational Nanotechnology. 2018. № 2. С. 28–32.
11. Дворников С.С., Пшеничников А.В. Предложения по формированию сигналов методом последовательной конкатенации вейвлет-функций // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 2. С. 48–54.
12. Мазуркин П.М. Асимметричные вейвлет-сигналы гравитационных волн // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 5. С. 11–18.
13. Способ формирования гибридных фазоманипулированных сигналов посредством последовательной конкатенации радиоимпульсов: пат. RU 2702750 С1; Крячко А.Ф. [и др.]; заявл. 27.11.2018; опубл. 11.10.2019, Бюл. № 29. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41182703_55246865.PDF.
14. Финько О.А., Соколовский Е.П. Алгоритм оценки риска информационной безопасности в системах защиты информации на основе логико-вероятностного метода И.А. Рябинина // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 12 (149). С. 172–180.
15. Брюхомицкий Ю.А., Макаревич О.Б. Обзор исследований и разработок по информационной безопасности // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 12 (137). С. 8–21.
16. Кичук Д.Я. Исследование особенностей проявления технических демаскирующих признаков и применение средств защиты информации для автоматизированных систем // Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем: сб. материалов ВНИПК. Воронеж: Воронежский ин-т МВД России. 2017. С. 127–130.
17. Дворников С.В., Дворников С.С., Коноплев М.А. Алгоритм распознавания сигналов радиосвязи на основе симметрических матриц // Информационные технологии. 2010. № 9. С. 75–77.
18. Способ демодуляции сигналов с относительной фазовой модуляцией на основе адаптивного порога: пат. Рос. Федерация. № 2454014; Дворников С.В. [и др.]; заявл. 16.12.2010; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37493609_99179818.pdf.
19. Агиевич С.Н., Дворников С.В., Гусельников А.С. Описание сигналов в базисах функций сплайн-Виленкина-Кристенсона // Контроль. Диагностика. 2009. № 3. С. 52–57.
20. Дворников С.С. Спектрально-эффективные формы сигналов с непрерывной фазой для передачи дискретной информации // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2016. № 1. С. 86–93.
21. Теория передачи сигналов / А.Г. Зюко [и др.]. М.: Радио и связь, 1986. 304 с.
22. Дворников С.С. Обоснование параметров фазамодулированных сигналов для высокоскоростных систем передачи информации // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2016. № 3. С. 43–48.

23. Теоретическое обоснование синтеза ансамбля биортогональных сигналов с повышенной помехоустойчивостью / С.В. Дворников [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2015. № 5. С. 16–20.

24. Дворников С.В. Цифровой синтез спектрально-эффективных сигналов телевидения // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2015. № 6. С. 168–173.

25. Способ демодуляции сигналов с относительной фазовой модуляцией (варианты): пат. RU 2454014 С1; Аверьянов А.В., Бобровский В.И. [и др.]; заявл. 16.12.2010; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37493609_81701943.pdf.

26. Компактные алгоритмы синтеза манипулированных сигналов в MathCAD / С.В. Дворников [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 42–50.

References

1. Shcherbakova A.A. Istoriya botaniki v Rossii do 60-h godov XIX veka (dodravinovskij period). Novosibirsk: Nauka, 1979. 368 s.

2. Nauka o gibridah ot 24 okt. 2013 g. URL: Autonews: <https://www.autonews.ru/news/58259e599a7947474311fef6> (data obrashcheniya: 12.06.2020).

3. Dvornikov S.V. Obobshchennye gibridnye masshtabno-chastotno-vremennye raspredeleniya v chastotno-vremennom prostranstve: prodolzhenie obzora // Trudy uchebnyh zavedenij svyazi. 2018. T. 4. № 4. S. 20–35.

4. Flandrin P., Gonsalves P. Geometry of affine distributions // Proceedings of IEEE-SP International Symposium on Time-Frequency and Time-Scale Analysis, 25-28 October 1994. Philadelphia, PA, USA, 1994. PR. 80–83.

5. Dvornikov S.V., Saukov A.M. Modifikaciya chastotno-vremennyh opisaniy nestacionarnyh processov na osnove pokazatel'nyh i stepennyh funkcij // Nauchnoe priborostroenie. 2004. T. 14. № 3. S. 76–85.

6. Dvornikov S.V., Manaenko S.S., Dvornikov S.S. Parametricheskaya mimikriya signalov, modulirovannyh kolebaniyami i sformirovannyh v razlichnyh funkcional'nyh bazisah // Informacionnye tekhnologii. 2015. T. 21. № 4. S. 259–263.

7. Anzhina V.A., Klushin A.A. Issledovanie metodov povysheniya pomekhozashchishchennosti signalov v sistemah radiosvyazi // Issledovaniya naukograda. 2012. № 1 (1). S. 9–12.

8. Dvornikov S.S. Formirovanie shirokopolosnyh signalov na osnove vevjvletov dlya peredachi signalov diagnostiki // Kontrol'. Diagnostika. 2015. № 6. S. 54–60.

9. Dvornikov S.S., Rashich A.V., Bulaeva Yu.E. Fazomanipulirovannye vevjvlet-signaly // Nauchnaya mysl'. 2016. № 1. S. 56–61.

10. Hein M.Z. Sovremennoe sostoyanie problemy obrabotki, analiza i sinteza rechevyh signalov // Computational Nanotechnology. 2018. № 2. S. 28–32.

11. Dvornikov S.S., Pshenichnikov A.V. Predlozheniya po formirovaniyu signalov metodom posledovatel'noj konkatencii vevjvlet-funkcij // Trudy uchebnyh zavedenij svyazi. 2016. T. 2. № 2. S. 48–54.

12. Mazurkin P.M. Asimmetrichnye vevjvlet-signaly gravitacionnyh voln // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2013. № 5. S. 11–18.

13. Sposob formirovaniya gibridnyh fazomanipulirovannyh signalov posredstvom posledovatel'noj konkatencii radioimpul'sov: pat. RU 2702750 С1; Kryachko A.F. [и др.]; заявл. 27.11.2018; опубл. 11.10.2019, Бул. № 29. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41182703_55246865.PDF.

14. Fin'ko O.A., Sokolovskij E.P. Algoritm ocenki riska informacionnoj bezopasnosti v sistemah zashchity informacii na osnove logiko-veroyatnostnogo metoda I.A. Ryabinina // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2013. № 12 (149). S. 172–180.

15. Bryuhomickij Yu.A., Makarevich O.B. Obzor issledovanij i razrabotok po informacionnoj bezopasnosti // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2012. № 12 (137). S. 8–21.
16. Kichuk D.Ya. Issledovanie osobennostej proyavleniya tekhnicheskikh demaskiruyushchih priznakov i primenenie sredstv zashchity informacii dlya avtomatizirovannyh sistem // Aktual'nye voprosy ekspluatatsii sistem ohrany i zashchishchennyh telekommunikacionnyh sistem: sb. materialov VNPk. Voronezh: Voronezhskij in-t MVD Rossii. 2017. S. 127–130.
17. Dvornikov S.V., Dvornikov S.S., Konoplev M.A. Algoritm raspoznavaniya signalov radiosvyazi na osnove simmetricheskikh matric // Informacionnye tekhnologii. 2010. № 9. S. 75–77.
18. Sposob demodulyacii signalov s odnositel'noj fazovoj modulyaciej na osnove adaptivnogo poroga: pat. Ros. Federaciya. № 2454014; Dvornikov S.V. [i dr.]; zayavl. 16.12.2010; opubl. 20.06.2012, Byul. № 17. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37493609_99179818.pdf.
19. Agievich S.N., Dvornikov S.V., Gusel'nikov A.S. Opisanie signalov v bazisah funkcion splajn-Vilenkina-Kristensona // Kontrol'. Diagnostika. 2009. № 3. S. 52–57.
20. Dvornikov S.S. Spektral'no-effektivnye formy signalov s nepreryvnoj fazoj dlya peredachi diskretnoj informacii // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2016. № 1. S. 86–93.
21. Teoriya peredachi signalov / A.G. Zyuko [i dr.]. M.: Radio i svyaz', 1986. 304 s.
22. Dvornikov S.S. Obosnovanie parametrov fazamodulirovannyh signalov dlya vysokoskorostnyh sistem peredachi informacii // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2016. № 3. S. 43–48.
23. Teoreticheskoe obosnovanie sinteza ansamblya biortogonal'nyh signalov s povyshennoj pomexoustojchivost'yu / S.V. Dvornikov [i dr.] // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2015. № 5. S. 16–20.
24. Dvornikov S.V. Cifrovoy sintez spektral'no-effektivnyh signalov televideniya // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2015. № 6. S. 168–173.
25. Sposob demodulyacii signalov s odnositel'noj fazovoj modulyaciej (varianty): pat. RU 2454014 C1; Aver'yanov A.V., Bobrovskij V.I. [i dr.]; zayavl. 16.12.2010; opubl. 20.06.2012, Byul. № 17. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37493609_81701943.pdf.
26. Kompaktnye algoritmy sinteza manipulirovannyh signalov v MathCAD / S.V. Dvornikov [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 42–50.

УДК 614.8

ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТРАДАВШИХ ОТ ПОЖАРОВ ЗДАНИЙ ПО КЛАССАМ

В.Б. Вилков, кандидат физико-математических наук, доцент.

**Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала
армии А.В. Хрулева.**

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент;

Е.Е. Горшкова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена задача распределения пострадавших от огня зданий по классам, связанным с очередностью их тушения, известная как задача классификации. В основе решения задачи лежит подход, основанный на применении теории нечётких множеств и нечёткой логики. Предложен метод решения указанной задачи, основанный на методологии нечёткого логического вывода. Приведён пример, иллюстрирующий предложенные теоретические положения.

Ключевые слова: пожар в результате чрезвычайной ситуации, задача распределения пострадавших от огня зданий по классам, методика нечёткого логического вывода, нечёткая логика, нечёткое множество

TASK OF DISTRIBUTING BUILDINGS AFFECTED BY FIRE BY CLASS

V.B. Vilkov. Military academy of logistics behalf of the army general A.V. Khrulyov.

A.K. Chernykh; E.E. Gorshkova.

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

The article considers the problem of distribution of buildings affected by fire by classes related to the order of their extinguishing, known as the classification problem. The solution of the problem is based on an approach based on the application of fuzzy set theory and fuzzy logic. A method for solving this problem based on the fuzzy inference methodology is proposed. An example illustrating the proposed theoretical positions is given.

Keywords: fire as a result of an emergency, problem of distributing buildings affected by fire by class, method of fuzzy inference, fuzzy logic, fuzzy set

Природные пожары, техносферные происшествия, авиакатастрофы и другие чрезвычайные ситуации (ЧС), произошедшие в последнее время в мире, представляют собой ЧС, связанные с непредсказуемостью возникновения событий, последствия от которых приводят к возникновению пожаров, разрушению жилых домов, гибели людей. Так, например, в 2014–2019 гг. число погибших людей в результате таких ЧС составило, в некоторых случаях, десятки человек [1, 2], что определяет несомненную актуальность подхода, связанного с классификацией пострадавших от огня зданий, предложенного в данной статье.

Указанные обстоятельства обусловили необходимость рассмотрения следующей задачи.

В результате ЧС произошли пожары (различной интенсивности) в некоторых зданиях. Требуется распределить эти здания по классам, связанным с очередностью их тушения. Поскольку данные о характере пожаров не определены однозначно, то есть носят нечёткий характер, то для решения указанной задачи будут привлечены теоретические положения

теории нечётких множеств и нечёткая логика [3–5]. Решение задачи основано на идеях Мамдани [6–8], что, с точки зрения авторов, придаёт статье новизну и актуальность.

Для формулировки и решения указанной задачи в рамках используемого математического аппарата необходимо задать следующие исходные данные.

1. Список входных и выходных переменных с указанием их областей изменения и единиц измерения (универсальных множеств). Все переменные являются лингвистическими, необходимо для каждой из них указать ее терм-множество и его элементы – термы. Для описания терма надо задать функцию принадлежности нечёткого множества, формализующую этот терм.

2. Базу знаний удобнее представить в виде таблицы. Эта таблица содержит информацию о соответствии термов выходных переменных всем возможным сочетаниям термов входных переменных.

Приведём понятия и результаты теории нечётких множеств и нечёткой логики, которые будут использоваться в дальнейших рассуждениях [9–14].

Нечёткие множества задаются на обычных множествах, называемых универсальными. Например, если используется нечёткое множество «число пострадавших при пожаре», то в качестве универсального множества можно использовать множество чисел из отрезка $[0, k]$, где k – заданное в исходных данных число.

Совокупность пар $(\mu_{\hat{A}}(u), u)$ называется нечётким множеством \hat{A} на универсальном множестве U . В указанной совокупности функция $\mu_{\hat{A}}(u)$ представляет собой степень принадлежности элемента $u \in U$ к нечёткому множеству \hat{A} , то есть число из отрезка $[0, b]$. Во многих случаях полагают $b=1$.

В работах [9, 10] представлены некоторые приемы построения функций принадлежности.

Рассмотрим, например, нечёткое множество «рядом с эпицентром», определенное на универсальном множестве всех возможных значений расстояний до эпицентра (в качестве универсального здесь можно взять и другое множество, например, все вообще возможные значения расстояний, интервал $[0, \infty)$ и т.п.). Предположив, что эпицентр находится на расстоянии 160 м от начала отсчёта, возможный график функции принадлежности этого множества можно представить на рис. 1.

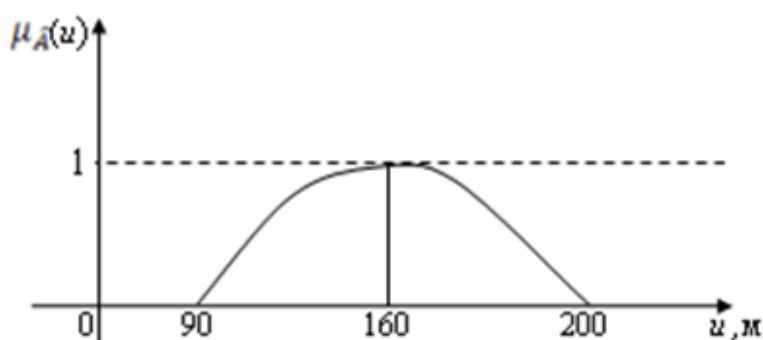


Рис. 1. График функции принадлежности нечёткого числа

Отметим, что вместо словосочетания «значение функции принадлежности» можно использовать словосочетание «надежность», а также словосочетание «степень принадлежности».

Нечёткой величиной называется нечёткое множество, определенное на универсальном множестве, являющемся числовым множеством. Нечёткая величина, функция принадлежности которой имеет единственный максимум, называется числом. Треугольное

нечёткое число \hat{A} есть тройка $\langle a, b, c \rangle$, $a \leq b \leq c$ действительных чисел. Функция принадлежности $\mu_{\hat{A}}(u)$ этого нечёткого числа задается формулой:

$$\mu_{\hat{A}}(u) = \begin{cases} \frac{u-a}{b-a}, & \text{если } u \in [a, b], \\ \frac{c-u}{c-b}, & \text{если } u \in [b, c], \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

В формуле (1) предполагается, что $a < b < c$.

В качестве иллюстрации формулы (1) представим график функции принадлежности треугольного числа $\langle 90, 160, 200 \rangle$ на рис. 2.

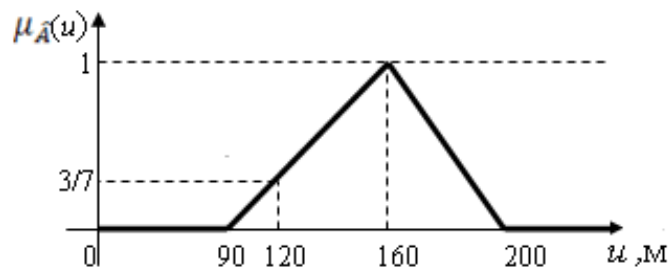


Рис. 2. График функции принадлежности нечёткого треугольного числа

Заметим, что для задания функции принадлежности нечёткого числа $\langle a, b, c \rangle$ надо указать «чёткое» значение рассматриваемого числа – b и его степень нечёткости (размытости) – минимально и максимально возможные его значения – a и c соответственно.

Необходимо отметить, что для задания функции принадлежности можно использовать также трапециевидальные числа. Возможные графики их функций принадлежности приведены на рис. 3.

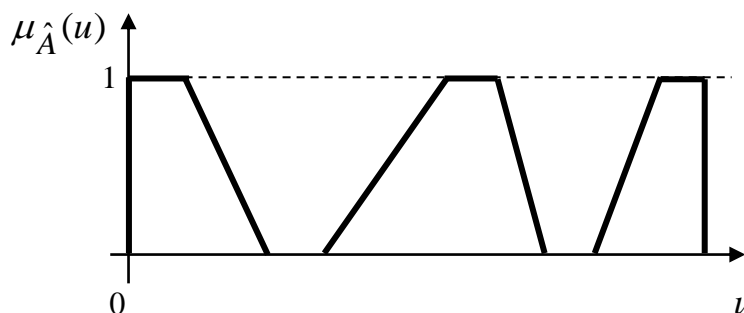


Рис. 3. Три графика функций принадлежности трапециевидальных чисел

Над нечёткими множествами вводятся операции, основными (исходя из наших потребностей) являются операции объединения и пересечения. Определим необходимые нечёткие операции.

Пересечением нечётких множеств \tilde{A} и \tilde{B} , заданных на U , называется нечёткое множество $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{\tilde{C}} = \min\{\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}\} \quad (2)$$

для всех $u \in U$ (рис. 4).

Объединением нечётких множеств \tilde{A} и \tilde{B} , заданных на U , называется нечёткое множество $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ с функцией принадлежности:

$$\mu_{\tilde{D}} = \max\{\mu_{\tilde{A}}, \mu_{\tilde{B}}\} \quad (3)$$

для всех $u \in U$ (рис. 5).

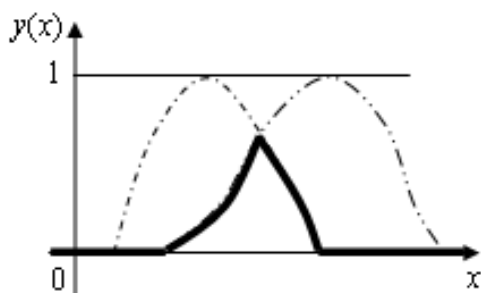


Рис. 4. Пересечение нечётких множеств

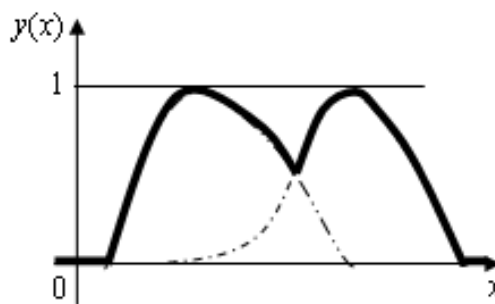


Рис. 5. Объединение нечётких множеств

В дальнейшем потребуются операции преобразования чёткого множества в нечёткое и преобразование нечёткого множества в чёткое число. Эти операции называются соответственно фаззификацией и дефаззификацией [7].

Фаззификация – установление степени принадлежности заданного значения рассматриваемой переменной заданному нечёткому множеству. Например, на рис. 2 видно, что с надёжностью $3/7$ расстояние в 120 м относим к нечёткому множеству «рядом с эпицентром».

Процедура преобразования нечёткого множества в чёткое число называется дефаззификацией. В рамках статьи для дефаззификации будем использовать, например, метод центра тяжести. В соответствии с этим методом дефаззификация нечёткого множества с конечным числом элементов (значений) выполняется по формуле:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^k u_i \cdot \mu_{\hat{A}}(u)}{\sum_{i=1}^k \mu_{\hat{A}}(u)}, \quad (4)$$

где k – число граф в табл. 1.

Осуществим, например, дефаззификацию нечёткого множества \hat{A} – «число пострадавших – среднее» (около пяти) с функцией принадлежности, заданной табл. 1.

Таблица 1. Функция принадлежности множества \hat{A} (m – число пострадавших)

m	2	3	4	5	6	7	8	9
$\mu_{\hat{A}}(m)$	0,1	0,3	0,8	1,0	0,9	0,7	0,2	0,1

Осуществляя дефаззификацию по методу центра тяжести, получаем, что нечёткое множество \hat{A} преобразуется в число α :

$$\alpha = \frac{2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,8 + 5 \cdot 1,0 + 6 \cdot 0,9 + 7 \cdot 0,7 + 8 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,1}{0,1 + 0,3 + 0,8 + 1,0 + 0,9 + 0,7 + 0,2 + 0,1} = \frac{22,1}{4,1} \approx 5,39.$$

В дальнейшем изложении будем использовать понятия: нечётких высказываний, нечёткие логические операции И (конъюнкция) и ИЛИ (дизъюнкция), для которых выполняются расчеты по формулам (2, 3); лингвистической переменной; терм-множеств и термов, которые приведены, например, в работе [8].

Следует отметить, что в теории нечётких множеств терм формализуется нечётким множеством с помощью функции принадлежности. В дальнейшем часто, если это не приводит к недоразумениям, терм и нечёткое множество его формализующее будем обозначать одинаково.

Отметим, что с лингвистической переменной тесно связана «обычная» переменная, принимающая значения из универсального множества, на котором определены нечёткие множества, формализующие термы рассматриваемой лингвистической переменной (4).

В качестве примера рассмотрим лингвистическую переменную «расстояние до эпицентра» с термами «в эпицентре», «рядом с эпицентром», «близко к эпицентру» и универсальным множеством – множество значений возможных расстояний в метрах. Возможные графики функций принадлежности нечётких множеств, формализующих эти термы (в дальнейшем просто термов), приведены на рис. 6.



Рис. 6. Графики функций принадлежности нечётких множеств, формализующих термы лингвистической переменной «расстояние до эпицентра»

Анализ графика показывает, что, находясь на расстоянии 200 м от эпицентра, с надёжностью 0,33 считаем, что мы рядом с ним, и с надёжностью 0,5, что мы близки к эпицентру.

Вернемся к задаче по определению очередности тушения термически пораженных зданий. Для решения этой задачи предлагается использовать методологию нечёткого логического вывода, с помощью которой решается задача определения по заданным значениям факторов x_1, x_2, \dots, x_n (входных переменных) значения параметра Y (выходной переменной), при этом используется метод, основными операциями которого являются следующие:

1. Осуществить фаззификацию исходных значений факторов, то есть по заданным значениям факторов определить их степень принадлежности различным термам соответствующих лингвистических переменных.

2. Используя базу знаний операции над нечёткими множествами, найти степень истинности термов выходной переменной при рассматриваемых значениях факторов.

3. Рассматриваемое здание предлагается отнести к классу, определяемому термом выходной переменной, имеющим максимальную надёжность.

Введём обозначения, необходимые для решения задачи: X – лингвистическая переменная «число зарегистрированных жильцов в здании» (входная переменная); \hat{A}_1 («большое»), \hat{A}_2 («среднее»), \hat{A}_3 («небольшое») – термы лингвистической переменной X , которые заданы на универсальном множестве $[0, 1000]$, графики их функций принадлежности приведены на рис. 7.



Рис. 7. Графики функций принадлежности термов переменной «число зарегистрированных жильцов в здании»

Y – лингвистическая переменная «расстояние до эпицентра» (входная переменная); \hat{B}_1 («в эпицентре»), \hat{B}_2 («рядом с эпицентром»), \hat{B}_3 (« близко к эпицентру») – термы лингвистической переменной Y , которые заданы на универсальном множестве – множестве значений возможных расстояний в метрах – числовой интервал $[0, 300]$, графики их функций принадлежности приведены на рис. 8.



Рис. 8. Графики функций принадлежности нечётких множеств, формализующих термы лингвистической переменной «расстояние до эпицентра»

Z – лингвистическая переменная «срочность», которая определяет очерёдность тушения пожаров в различных зданиях (выходная переменная); \hat{C}_1 («первоочередная»), \hat{C}_2 («второй очереди»), \hat{C}_3 («третьей очереди») – термы лингвистической переменной Z , которые заданы на универсальном множестве – предполагаемое число пострадавших

жильцов в здании (n), множество целых чисел от 0 до 50, графики их функций принадлежности приведены на рис. 9.

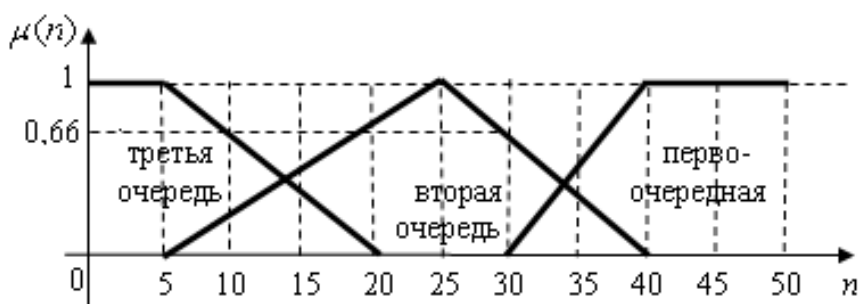


Рис. 9. Графики функций принадлежности термов переменной «срочность»

$\mu_{\hat{A}_i}$, $\mu_{\hat{B}_j}$, $i, j=1, 2, 3$ – функции принадлежности соответствующих термов.

База знаний, представлена в табл. 2.

Таблица 2. Срочность в зависимости от расстояния до эпицентра и числа зарегистрированных жильцов в здании

Число зарегистрированных жильцов в здании	Расстояние до эпицентра		
	«в эпицентре» (\hat{B}_1)	«рядом с эпицентром» (\hat{B}_2)	«близко к эпицентру» (\hat{B}_3)
«большое» (\hat{A}_1)	«первоочередная»	«первоочередная»	«второй очереди»
«среднее» (\hat{A}_2)	«первоочередная»	«второй очереди»	«второй очереди»
«небольшое» (\hat{A}_3)	«второй очереди»	«второй очереди»	«третьей очереди»

Если, например, здание находится «рядом с эпицентром» и число зарегистрированных жильцов в нем «среднее», то принимается решение о том, что «срочность» имеет нечёткое значение «второй очереди».

Для входных переменных: число зарегистрированных жильцов в здании равно 120 чел.; расстояние от здания до эпицентра равно 180 м (табл. 3) найдем степени истинности нечётких высказываний:

– переменная Y – «расстояние до эпицентра» приняла значение \hat{B}_j , $j=1, 2, 3$ (вторая строка табл. 3), эти значения вычисляются по данным графика на рис. 7;

– переменная X – «число зарегистрированных жильцов в здании» приняла значение \hat{A}_i , $i=1, 2, 3$ (второй столбец табл. 3), эти значения вычисляются по данным графика на рис. 6;

– переменная «число зарегистрированных жильцов в здании» приняла значение \hat{A}_i , $i=1, 2, 3$ и переменная «расстояние до эпицентра» приняла значение \hat{B}_j , $j=1, 2, 3$ (остальные значения табл. 3), вычисляются на основании правила нечёткой конъюнкции.

Например, значение на пересечении четвертого столбца и пятой строки в табл. 3 выражает надёжность того, что значением переменной X является терм \hat{A}_3 и значением переменной Y – терм \hat{B}_2 . В соответствии с правилом нечёткой конъюнкции эта степень равна меньшему из чисел 0,50 и 0,66.

Таблица 3. Степень истинности соответствующих термов и их сочетаний

	$\mu_{\hat{A}_i}(120)$	\hat{B}_1	\hat{B}_2	\hat{B}_3
$\mu_{\hat{B}_j}(180)$	–	0	0,66	0,25
\hat{A}_1	0	0	0	0
\hat{A}_2	0,33	0	0,33	0,25
\hat{A}_3	0,50	0	0,50	0,25

Так как надо отнести рассматриваемое здание к одному из трёх имеющихся классов, то, анализируя табл. 2 и 3, находим, что с максимальной надёжностью рассматриваемое здание относится к классу «второй очереди». Из табл. 3 видно, что при рассматриваемых значениях входных переменных максимальной надёжностью обладает сочетание термов \hat{A}_3 и \hat{B}_2 , которому согласно табл. 2 соответствует терм «второй очереди» выходной переменной.

Следует отметить, что в случае необходимости упорядочивания зданий по показателю «срочность», требуется осуществить заключительные операции нечёткого логического вывода, приведённые в работе [8], включающие определение надёжности выходных термов для заданных исходных данных и дефаззификацию прогнозных оценок числа пострадавших в зданиях в результате пожара по формуле (4).

В качестве заключения отметим, что несомненным достоинством предлагаемого метода является его алгоритмическая простота, позволяющая использовать компьютерную программу при принятии оперативного решения на применение пожарных формирований при тушении [15, 16] возникших в результате ЧС пожаров.

Литература

1. Новости Кыргызстана и Бишкека. URL: <https://kaktus.media/350893> (дата обращения: 04.02.2020).
2. Ria.ru >20181113/1532686839. Html (дата обращения: 14.03.2020).
3. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. New York: Springer, 2001.
4. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. p. 338–353.
5. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2006.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981.
7. Оценка качества решений на применение внутренних войск на основе многокритериальной оптимизации / В.Б. Вилков [и др.] // Вопросы оборонной техники. 2016. Сер. 16. № 1-2 (91-92). С. 43–50.
8. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Теория и практика оптимизации решений на основе нечетких множеств и нечёткой логики: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
10. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7. № 1. p. 1–13.
11. Mamdani E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers // International Journal of Man-Machine Studies. 1976. Vol. 8. p. 669–678.
12. Черных А.К., Козлова И.В., Вилков В.Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечётких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 107–117.

13. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976.
14. Черных А.К., Вилков В.Б. Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 52–59.
15. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера объектов экономики / Е.Е. Горшкова [и др.] // Неделя науки в СПбПУ: материалы Науч. конф. с междунар. участием. СПб.: СПб гос. политех. ун-т Петра Великого. Институт военно-технического образования и безопасности, 2016. С. 11–14.
16. Горшкова Е.Е., Крутолапов А.С. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны, мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности в документах территориального планирования // Безопасность в чрезвычайных ситуациях: сб. науч. трудов Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. политехнический университет Петра Великого, 2015. С. 239–245.

References

1. Novosti Kyrgyzstana i Bishkeka. URL: <https://kaktus.media/350893> (data obrashcheniya: 04.02.2020).
2. Ria.ru >20181113/1532686839. Html (data obrashcheniya: 14.03.2020).
3. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. New York: Springer, 2001.
4. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. p. 338–353.
5. Yah"yaeva G.E. Nechetkie mnozhestva i nejronnye seti. M.: Binom, 2006.
6. Orlovskij S.A. Problemy prinyatiya reshenij pri nechetkoj iskhodnoj informacii. M.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981.
7. Ocenka kachestva reshenij na primenenie vnutrennih vojsk na osnove mnogokriterial'noj optimizacii / V.B. Vilkov [i dr.] // Voprosy oboronnoj tekhniki. 2016. Ser. 16. № 1-2 (91-92). S. 43–50.
8. Vilkov V.B., Chernyh A.K., Flegontov A.V. Teoriya i praktika optimizacii reshenij na osnove nechetkih mnozhestv i nechyotkoj logiki: monografiya. SPb.: Izd-vo RGPU im. A.I. Gercena, 2017.
9. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2005.
10. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7. № 1. p. 1–13.
11. Mamdani E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers // International Jpurnal of Man-Machine Studies. 1976. Vol. 8. p. 669–678.
12. Chernyh A.K., Kozlova I.V., Vilkov V.B. Voprosy prognozirovaniya material'no-tekhnicheskogo obespecheniya s ispol'zovaniem nechyotkih matematicheskikh modelej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2015. № 4 (36). S. 107–117.
13. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyh reshenij. M.: Mir, 1976.
14. Chernyh A.K., Vilkov V.B. Upravlenie bezopasnost'yu transportnyh perevozok pri organizacii material'nogo obespecheniya sil i sredstv MCHS Rossii v usloviyah chrezvychajnoj situacii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 9. S. 52–59.
15. Monitoring i prognozirovanie chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogenogo haraktera ob"ektov ekonomiki / E.E. Gorshkova [i dr.] // Nedelya nauki v SPbPU: materialy Nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. SPb.: SPb gos. politekh. un-t Petra Velikogo. Institut voenno-tekhnicheskogo obrazovaniya i bezopasnosti, 2016. S. 11–14.
16. Gorshkova E.E., Krutolapov A.S. Inzhenerno-tekhnicheskije meropriyatiya grazhdanskoj oborony, meropriyatiya po preduprezhdeniyu chrezvychajnyh situacij i pozharnoj bezopasnosti v dokumentah territorial'nogo planirovaniya // Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah: sb. nauch. trudov Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. politekhnicheskij universitet Petra Velikogo, 2015. S. 239–245.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АТАКУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ТИПА DENIAL-OF-SLEEP В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

В.А. Десницкий, кандидат технических наук;

Н.Н. Рудавин.

**Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации
Российской академии наук**

Представлены результаты моделирования и анализа атакующих воздействий типа Denial-of-Sleep на узлы беспроводной сенсорной сети. Особенность моделируемой атаки состоит в том, что нарушитель воздействует при помощи модуля-паразита на некоторый легитимный узел, который эксплуатируется для отправки нелегитимных запросов на автономно работающие узлы беспроводной сенсорной сети. По результатам моделирования определены возможные перспективные меры для противодействия данному виду атак, которые применимы, в том числе для повышения защищенности беспроводных коммуникационных сетей оперативного управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: атака типа Denial-of-Sleep, беспроводная сенсорная сеть, моделирование атак

MODELING OF DENIAL-OF-SLEEP ATTACKS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

V.A. Desnitsky; N.N. Rudavin.

Saint-Petersburg institute of informatics and automation of the Russian academy of sciences

The paper comprises results of modeling and analysis of Denial-of-Sleep attacks on nodes of a wireless sensor network. A feature of the modeled attack is that the intruder acts with the help of a parasite module on some legitimate node, which is used to send illegitimate requests to autonomously working sensor nodes. Based on the modeling results, possible promising measures have been identified to counter this type of attack. The obtained results are applicable in a range of systems to increase their security, including wireless communication networks of operational control and response in emergency situations.

Keywords: Denial-of-Sleep attack, wireless sensor network, attack modeling

Атаки, направленные на истощение энергоресурсов автономно работающих устройств, представляют существенную угрозу безопасности современных беспроводных сенсорных сетей (БСС). Данный вид атак характеризуется относительной легкостью их осуществления – для успешной атаки зачастую нарушителю достаточны лишь минимально необходимые программно-аппаратные средства, небольшие навыки программирования, работы с микроконтроллерами и другим современным телекоммуникационным оборудованием. Возникновение атак истощения энергоресурсов в критически важных киберфизических системах и сетях, таких как программно-технические комплексы управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях, может приводить к серьезным и даже катастрофическим последствиям техногенного и социального характера. Сложность обнаружения атак истощения энергоресурсов и их предотвращения во много связана с недостаточным развитием инструментов анализа процессов расхода

энергоресурсов в динамике и сопоставления увеличения расхода заряда с возможными действиями нарушителей.

В статье проводятся моделирование и анализ атаки типа Denial-of-Sleep – разновидности атак истощения энергоресурсов, при которой нарушитель формирует атакующие пакеты данных и маскирует их под нормальный трафик, используя некоторый скомпрометированный узел БСС. К данному узлу подключается атакующий модуль «паразит», способный заставить эксплуатируемый узел генерировать атакующий трафик на другие узлы сети и истощать их энергоресурсы. Эксперименты на физической реализации БСС показывают практическую выполнимость данного вида атак. Кроме того, результаты экспериментов используются также для анализа возможных контрмер. К основным элементам новизны настоящей работы относятся модель атакующего воздействия со специфичным набором параметров атаки, результаты сравнений и комбинирования нормального и атакующего трафика, а также интерпретация результатов визуального анализа такого комбинирования с использованием графических представлений.

Атака типа Denial-of-Sleep применима к устройствам, работающим автономно, от исчерпаемого источника электропитания, и имеющим два режима работы – режима полного функционирования и, так называемого, «режима сна», в который устройство переводится на определенные промежутки времени. Как правило, данный режим применяется на удаленных физически или перемещающихся в пространстве устройствах для экономии энергии при условии, что ежесекундная связь с устройством не требуется. В режиме сна в целях энергоэффективности наиболее энергозатратные функции устройства отключаются с последующим возвращением в режим полного функционирования через заданный промежуток времени для обработки вновь поступивших запросов и выполнения других операций. При реализации Denial-of-Sleep атаки цель нарушителя – не допустить переход узла-жертвы в спящий режим, чтобы увеличить расход энергоресурсов данного узла. Суть атаки состоит в том, что из-за более частых запросов конечные устройства вынуждены чаще отвечать и поэтому не успевают уйти в спящий режим, расходуя дополнительный заряд батареи.

В качестве модели атакуемой сети выбрана БСС на базе модулей Digi XBee v2. Оконечные устройства такой сети способны работать в спящем режиме, тогда как роутеры и координирующий узел поддерживают только полнофункциональный режим работы. Оконечные узлы и роутеры включают в свой состав: модуль беспроводной передачи данных XBee, микроконтроллер Arduino UNO, GPS-модуль, комбинированный аппаратный интерфейс управления для отправки и приёма данных, а также элементы ввода-вывода пользовательских данных.

На базе сенсорной сети произведено моделирование нормальной работы сети с целью проверки влияния атак на процесс истощения энергоресурсов, а также для оценки возможности пресечения подобных атак. В процессе моделирования нормальной работы сети производится обмен данными между узлами сети. В рамках эксперимента, не умаляя общности, узлы сети осуществляют коммуникацию лишь при помощи запросов GPS-координат и ответов на них. Так, предполагается, что пользователи или сервисы конечных узлов запрашивают местоположение других узлов сети и анализируют эти данные в рамках своих операционных процессов, в том числе для обеспечения свойств доступности сети [1]. Технически информация о местоположении приходит на узел после отправки этим узлом запросов на другие узлы с определенной периодичностью и в определенном количестве [2].

Вместе тем предполагаем, что все прикладные сообщения отправляются группами – «пачками» с известными частотными характеристиками интервала между пачками, числа сообщений в пачке, интервалами между сообщениями в пачке и допустимыми максимальными отклонениями от этих значений. Каждое из сообщений в пачке может отвечать за запрос GPS-данных либо узла, на который поступил данный запрос, либо узла, располагающегося далее по сети, и коммуникация с которым осуществляется через данный

узел. Примеры используемых в процессе моделирования комбинаций параметров нормального трафика показаны в таблице. Для каждого из трех параметров трафика при помощи обозначений L и H эвристически определено по два варианта значений – малое и большое, соответственно. В качестве примера, конкретный набор из трех параметров трафика указывается в виде LLH, которому соответствует формальная тройка (5 000 мс, 5 шт, 2 000 мс).

Таблица. **Параметры моделируемого трафика**

Режим настройки	Выбранная настройка					
	1		2		3	
	Интервал между пачками (мс)	Максимальное отклонение (+/-)	Число сообщений в пачке	Максимальное отклонение (+/-)	Интервал между сообщениями в пачке (мс)	Максимальное отклонение (+/-)
L	5000	500	5	2	500	167
H	20000	2000	20	8	2000	666

В рамках эксперимента моделируемая сеть имеет следующие основные элементы:

- узел-координатор, необходимый для обеспечения стабильной работы сети – через Serial-интерфейс подключен к координирующему компьютеру;
- узел-жертва, который представляет конечный узел сети, состоящий из микроконтроллера Arduino, XBee модуля и автономного источника питания. Для экономии энергоресурсов узел на время простоя переводится в спящий режим. Дополнительно, для обеспечения процесса моделирования атаки, узел подключается через USB-интерфейс к ЭВМ для перехвата входящего трафика и его последующего анализа;
- типовой эксплуатируемый нарушителем узел сети, к отличительным особенностям которого можно отнести, во-первых, наличие на нём аппаратного интерфейса настройки его работы, во-вторых, реализацию программируемой функции отправки сообщений узлу-жертве, в-третьих, возможность подключения к нему атакующего модуля-паразита, инициирующего атаку [3]. Схема устройства такого узла показана на рис. 1;
- модуль-паразит, подключающийся к эксплуатируемому модулю для инициации отправки от его имени атакующего трафика.

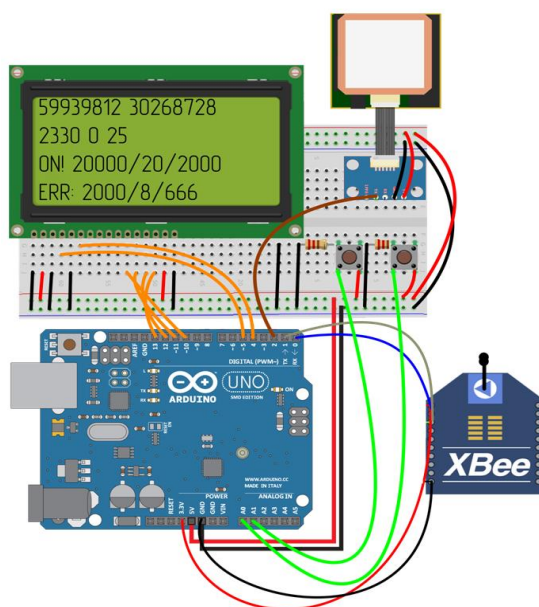


Рис. 1. Схема эксплуатируемого нарушителем узла

На рис. 1 индикатор показывает текущие GPS-данные узла: в первых двух строках – широту, долготу, направление, скорость, высоту, в нижних двух строках – параметры отправки сообщений со значениями параметров, соответствующих значениям в таблице.

Моделируется следующий сценарий атаки на узел сети. Нарушитель подсоединяет устройство-паразит к эксплуатируемому узлу при помощи подключения к его Serial-интерфейсу. Схема подключения показана на рис. 2. Сообщения паразита (слева) передаются через виртуальный Serial-порт (аппаратный пин № 2) на эксплуатируемый узел (справа) через Serial-порт, используемый для обмена данным с сетью посредством модуля XBee (пин № 0).

Паразит начинает генерировать пакеты данных с заданной частотой – пакеты, схожие по своей структуре с пакетами-запросами GPS-координат. При этом устройство-паразит указывает в поле отправителя адрес узла-жертвы. В эксперименте это производится автоматически, причем интервал настраивается с шагом 100 мс. В рамках эксперимента паразит также имеет свой аппаратный интерфейс – LED-экрана и две тактовые кнопки для ввода параметра интервала для настройки параметров генерации атакующего трафика.

В свою очередь, эксплуатируемый модуль, к которому подключен паразит, принимает поступающие запросы и отправляет узлу-жертве пакеты со своими координатами. По сути, это позволяет производить атаку пакетами, не имеющими явной аномальной структуры. В результате будет затруднена фильтрация узлом-жертвой таких пакетов, так как они имеют нормальную структуру и целостность пакетов формально не нарушена.

Отметим, что узел-жертва одновременно принимает и легитимные пакеты как с других узлов сети, так и инициированные модулем-паразитом. В результате такой атаки при достаточно частом интервале между пакетами динамически определяемый параметр ST – промежуток времени сна узла-жертвы уменьшается, и он перестает «засыпать», потребляя значительно больше энергоресурсов в процессе своего функционирования.

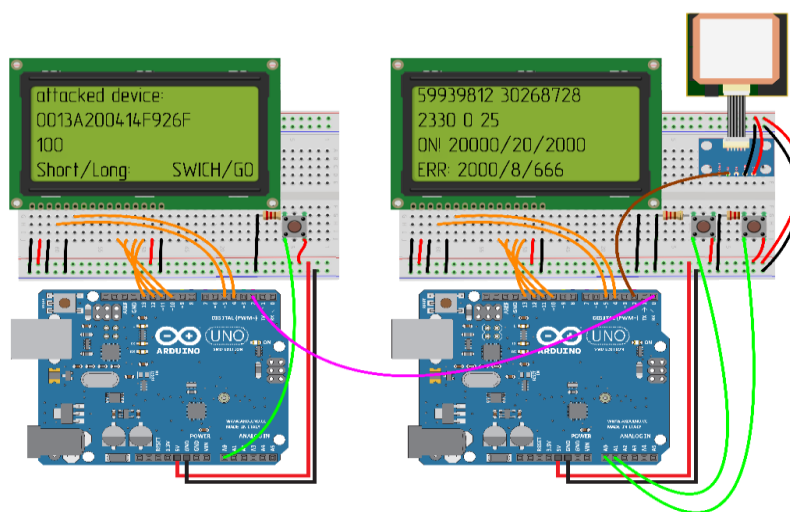


Рис. 2. Моделирование подключения узла-паразита к эксплуатируемому узлу

В рамках эксперимента с узла-жертвы произведены записи поступающего на него нормального трафика, чем подтверждена корректность работы разработанных программных прошивок микроконтроллеров. Число вариантов записей трафика составляет 8, что согласно допустимым значениям из таблицы соответствует всем возможным режимам работы узла. Визуальное представление нормального трафика приведено на рис. 3.

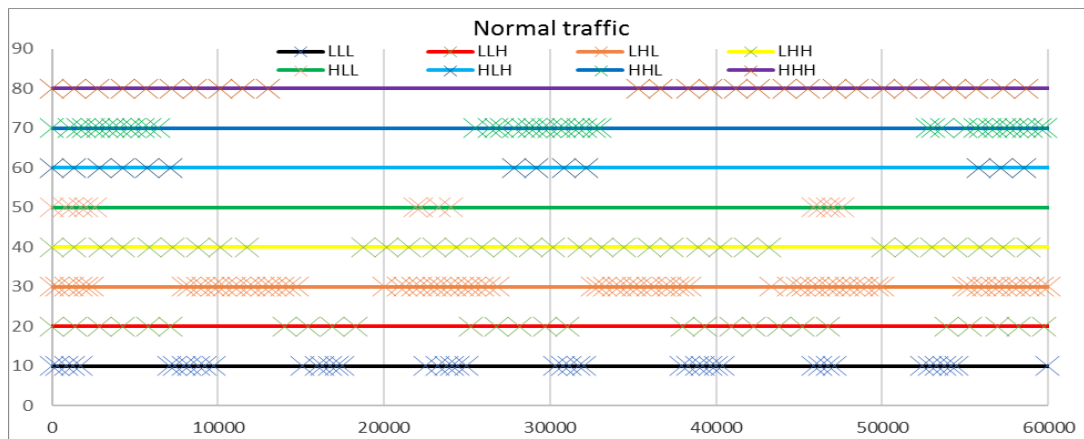


Рис. 3. Запись нормального трафика

На рис. 3 на горизонтальной оси показано время в миллисекундах, а на вертикальной – перечень моделей трафика, соответствующих таблице. В частности, на диаграмме видно, что наиболее активно спящий режим используется в режимах HLL и HLH, так как там сообщения передаются редко и в достаточно малых количествах. Поэтому применение спящего режима сократит энергопотребление в несколько раз. И, в результате, устройства, работающие на этих режимах, будут более уязвимы перед атакой типа Denial-of-Sleep. Атака производится с интенсивностью, схожей с интенсивностью отправки сообщений в нормальном режиме работы. Во-первых, это позволяет нарушителю максимально замаскироваться под реальный трафик. Во-вторых, нарушителю нет необходимости отправлять сообщения чаще, поскольку предполагается, что параметры спящего режима должны быть уже настроены так, чтобы конечное устройство не «засыпало» пока продолжается сеанс связи. Результаты моделирования атаки показаны на рис. 4.

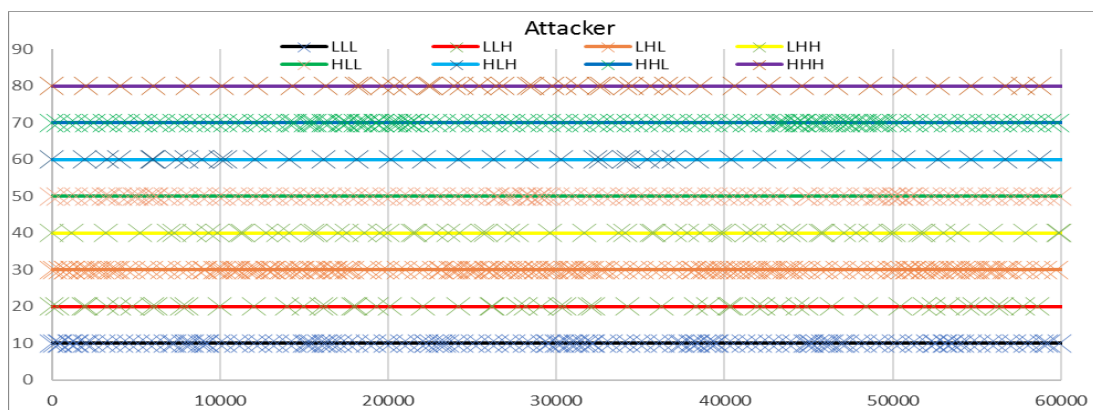


Рис. 4. Запись трафика с атакой

Полное отсутствие пересеченных длинных отрезков для всех восьми режимов свидетельствует об успешном моделировании атаки. По сути, все пакеты, отправленные атакующим устройством-паразитом, были распознаны как нормальный трафик и переданы узлу-жертве. В целом за исключением тонкостей реализации и преследуемой цели данная атака имеет некоторую схожесть с классическими DoS-атаками на беспроводные сенсорные сети, но в качестве специфики действует не посредством поражения пропускной способности коммуникационных каналов, а через истощение батареи, что может достаточно сложно поддаваться отслеживанию.

Проанализируем некоторые возможные контрмеры. Для защиты от исследуемой разновидности Denial-of-Sleep атак возможно применение схемы, описанной в работе [4] в качестве средств противодействия истощению энергоресурсов сенсорной сети. В частности, в работе [4] предложен комплексный подход к параллельному обнаружению и пресечению действий нарушителя. Однако следует учесть, что в рассматриваемом в настоящей работе сценарии нарушитель эксплуатирует легитимный модуль, при помощи которого осуществляются формирование и отправка атакующего трафика. Этот модуль может являться критически важным элементом сети, и в случае, если атаку удастся распознать, то в качестве меры противодействия простое отключение данного узла может привести даже к более серьезным негативным последствиям, таким как нарушение доступности БСС. Поэтому при разработке средств защиты от атак истощения энергоресурсов важным фактором должно быть недопущение доступа и проникновения атакующего на каждый элемент сети, в особенности критически важный. Например, подобно предложенному в работе [5] решению, позволяющему осуществить кластеризацию сети, для повышения уровня защищенности от Denial-of-Sleep атак возможно наложить специальные ограничения на узлы-роутеры. В частности, эти ограничения позволят ввести запрет на взаимодействие роутеров с конечными устройствами сети, находящимися, в особенности, вне зоны прямой радиосвязи. Поэтому даже в случае успешной реализации атаки, она сможет поразить лишь некоторую часть их имеющихся устройств сети.

Кроме того, основываясь на примере реализации контрмер, предложенных в работе [6], для защиты от рассматриваемого типа атак можно применять серию мер противодействия непосредственно на конечных устройствах. В частности, возможны принудительное снижение мощности антенного устройства или ввод в спящий режим в случае подозрения или точного детектирования атаки в рамках полномочий самого конечного устройства.

Возможно также разработать определенные шаблоны взаимодействия, сверяя которые, конечные устройства смогут обнаруживать атакующий трафик с определенной точностью [7]. Еще одним перспективным решением представляется ведение статистики трафика устройствами-роутерами и передача её на координирующий компьютер, который будет определять наличие атаки и место ее возникновения, а также принимать меры ее пресечения посредством предложенных решений.

Перечисленные возможные направления противодействия могут быть использованы для разработки новых и совершенствования существующих средств противодействия атакующим воздействиям в различных киберфизических системах, в том числе в коммуникационных сетях оперативного управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях.

В настоящей работе проведены анализ и моделирование атак типа Denial-of-Sleep атак на БСС. На разработанном программно-аппаратном прототипе осуществлено моделирование Denial-of-Sleep атаки, проведены эксперименты и проанализированы возможные контрмеры. В качестве будущих направлений исследований планируются аналитическое и имитационное моделирование атак истощения энергоресурсов путем введения в действие нарушителем намеренно некорректных или неоптимальных настроек программно-аппаратного обеспечения, а также определение эффективности таких атак, их сложности и сравнения с другими видами атак истощения энергоресурсов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-07-00953.

Литература

1. Desnitsky V., Kotenko I., Rudavin N. Ensuring Availability of Wireless Mesh Networks for Crisis Management // Intelligent Distributed Computing XII. Studies in Computational Intelligence. Springer-Verlag. 2018. Vol. 798. P. 344–353.

2. Desnitsky V., Kotenko I. Security event analysis in XBee-based wireless mesh networks // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus 2018). 2018. P. 42–44.
3. Vasserman E.Y., Hopper N. Vampire attacks: draining life from wireless ad hoc sensor networks // IEEE transactions on mobile computing. 2013. Vol. 12. Issue 2. P. 318–332.
4. Du X., Samachisa A., Hei X., Lukowiak M. Defending resource depletion attacks on implantable medical devices // Global telecommunications conference (GLOBECOM 2010), IEEE. 2010. P. 1–5.
5. Shakhov V., Koo I., Rodionov A. Energy exhaustion attacks in wireless networks // Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Proceedings of 2017 International Multi-Conference on, IEEE. 2017. P. 1–3.
6. Shakhov V., Koo I. Depletion-of-Battery Attack: Specificity, Modelling and Analysis // Sensors. 2018. Vol. 18. Issue 6. P. 1849.
7. Hsueh C.T., Wen C.Y., Ouyang Y.C. A secure scheme for power exhausting attacks in wireless sensor networks // Proceedings of 2011 IEEE Third International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). 2011. P. 258–263.

References

1. Desnitsky V., Kotenko I., Rudavin N. Ensuring Availability of Wireless Mesh Networks for Crisis Management // Intelligent Distributed Computing XII. Studies in Computational Intelligence. Springer-Verlag. 2018. Vol. 798. P. 344–353.
2. Desnitsky V., Kotenko I. Security event analysis in XBee-based wireless mesh networks // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus 2018). 2018. P. 42–44.
3. Vasserman E.Y., Hopper N. Vampire attacks: draining life from wireless ad hoc sensor networks // IEEE transactions on mobile computing. 2013. Vol. 12. Issue 2. P. 318–332.
4. Du X., Samachisa A., Hei X., Lukowiak M. Defending resource depletion attacks on implantable medical devices // Global telecommunications conference (GLOBECOM 2010), IEEE. 2010. P. 1–5.
5. Shakhov V., Koo I., Rodionov A. Energy exhaustion attacks in wireless networks // Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Proceedings of 2017 International Multi-Conference on, IEEE. 2017. P. 1–3.
6. Shakhov V., Koo I. Depletion-of-Battery Attack: Specificity, Modelling and Analysis // Sensors. 2018. Vol. 18. Issue 6. P. 1849.
7. Hsueh C.T., Wen C.Y., Ouyang Y.C. A secure scheme for power exhausting attacks in wireless sensor networks // Proceedings of 2011 IEEE Third International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN). 2011. P. 258–263.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТЕЗАУРУСА РУКОВОДИТЕЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

М.В. Шевцов.

Академия ГПС МЧС России

Описана классификация основных видов информации на пожаре. Определены факторы, влияющие на оперативно-тактическую деятельность в процессе постановки задач пожаротушения. Произведена математическая интерпретация профессионального тезауруса руководителя тушения пожара при его руководстве пожарно-спасательными подразделениями на месте вызова.

Ключевые слова: модель, информационные потоки, руководитель тушения пожара, профессиональный тезаурус

THE FORMULATION OF MATHEMATICAL MODELS PROFESSIONAL THESAURUS FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

M.V. Shevtsov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The classification of the main types of information on a fire is described. The factors influencing operational and tactical activity in the process of setting fire-fighting tasks are determined. A mathematical interpretation of the professional thesaurus of the head of fire fighting when leading fire and rescue units at the scene of the call is made.

Keywords: model, information flows, fire suppression manager, professional thesaurus

Информация (от лат. informatio – разъяснение, изложение, осведомлённость) – сведения о чём-либо, независимо от формы их представления [1].

Информация, полученная о конкретной ситуации при принятии решения в управлении оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений, должна быть полной и достаточно достоверной. Наличие неполной или недостаточно достоверной информации предполагает возможное принятие неэффективных и ошибочных решений. Помимо недостоверной информации большую негативную роль в принятии решений имеет фактор избыточной информации, так как процесс отбора информации отнимает время, в течение которого необходимо проанализировать сведения, представляющие интерес, а также оперативно принять соответствующее эффективное управленческое решение.

Руководитель тушения пожара (РТП) в своей профессиональной деятельности постоянно сталкивается с вопросами обработки оперативной информации, поступающей в процессе управления пожарно-спасательными подразделениями.

Классификацию основных видов информации на пожаре можно отобразить следующим образом (рис.).

ВИДЫ ИНФОРМАЦИИ НА ПОЖАРЕ

ПО СПОСОБУ ВОСПРИЯТИЯ	Визуальная Аудиальная Тактильная Обонятельная Вкусовая
ПО ФОРМЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ	Текстовая Звуковая Числовая Графическая
ПО НАЗНАЧЕНИЮ	Массовая Специальная
ПО ЗНАЧЕНИЮ	Актуальная Достоверная Полная Понятная Полезная

Рис. Виды информации, поступающие на месте вызова и влияющие на качество управления силами и средствами на пожаре [2]

Информационный процесс на пожаре – совокупность процедур, в течение которых РТП осуществляет прием, анализ, синтез, обмен и трансформацию полученных сведений в конкретное действие.

Необходимо понимать, что в системе управления силами и средствами на месте вызова информационное взаимодействие между участниками тушения должно быть оперативным, своевременным, объективным, достоверным и максимально сжатым по времени и форме представления [3]. Безусловно, достаточным условием облегчения выполнения поставленной оперативно-тактической задачи по тушению пожара является четко налаженная процедура обмена потоками информации между РТП и управляемыми им подразделениями, так как это условие уменьшает уровень неопределенности поведения системы управления силами и средствами на пожаре в целом.

Нормализация потоков, протекающих в информационном процессе на месте вызова, необходима РТП для принятия своевременных и оперативных решений в соответствии со складывающейся обстановкой. В связи с этим получение и восприятие информации происходит посредством трехступенчатого анализа:

- физический анализ (характеризуется восприятием органов чувств РТП);

- семантический анализ (характеризуется восприятием только той части информации, которая соответствует уровню знаний и опыта РТП);
- прагматический анализ (характеризуется выбором исключительно полезной информации, необходимой для решения конкретной задачи).

Способность РТП принимать информацию в зависимости от её смыслового содержания, основанного на комплексной мере физической, семантической и прагматической составляющих, можно охарактеризовать понятием «профессиональный тезаурус РТП».

Тезаурус – это совокупность сведений и связей между ними, которыми располагает пользователь, то есть – это кругозор, интеллект, накопленные знания пользователя [4].

На профессиональный тезаурус РТП коренным образом влияют три ключевых фактора:

- 1) уровень базового образования, на котором основываются фундаментальные прикладные знания и навыки;
- 2) накопленный опыт, полученный в процессе профессиональной деятельности;
- 3) личностные характеристики, способствующие развитию профессиональных умений и выработке компетентностных качеств как специалиста, так и руководителя.

Во всем многообразии к основным компетентностным качествам РТП можно отнести способность быстрой оценки обстановки на месте вызова, умение оперативной выработки управленческого решения и своевременной корректировки поставленной задачи, внимательное изучение и адекватное реагирование на факторы, влияющие на разработку тактического замысла, а также способность отделять главную информацию от второстепенной в условиях риска и дефицита времени [5].

Исходя из вышесказанного, для реализации процедуры качественного принятия решения по управлению пожарно-спасательными подразделениями на месте пожара требуется формулирование модели профессионального тезауруса РТП. Следует учесть, что приоритетной переменной в разрабатываемой модели профессиональных качеств, влияющих на процедуру принятия решения по управлению пожарно-спасательными подразделениями на месте вызова, является временная характеристика.

Таким образом, показатель эффективного выполнения оперативно-тактических действий целесообразно представить следующим образом:

$$п(t) = п_{max} - (п_{max} - п_{min}) * e^{-v*t},$$

где $п(t)$ – показатель результативности пожарно-спасательного подразделения при выполнении оперативно-тактических задач; $п_{max}$ – максимальный показатель результативности; $п_{min}$ – минимальный показатель результативности; v – показатель оперативности принятия решений РТП; t – время, затрачиваемое на принятие решения.

Учитывая фактор своевременности выполнения задач, получаем зависимость:

$$п = \frac{n}{T},$$

где n – количество решаемых задач; T – время выполнения задач n .

В связи с необходимостью обязательного достижения основных целей пожаротушения, оценка эффективности принимаемых решений РТП в первую очередь определяется слаженностью работы личного состава, его работоспособностью и результативностью. Но следует учесть, что оценочный показатель эффективности РТП как непосредственно лица, принимающего решение, обусловлен не столько количеством решаемых задач, сколько качеством их выполнения [6, 7]. Следовательно, показатель результативности деятельности РТП можно описать следующим образом:

$$P = f(n, k),$$

где n – количество решаемых задач; k – показатель качества выполняемых задач n .

Количественные оценочные показатели функции f могут рассчитываться как в относительных, так и в абсолютных формах. Таким образом, оценку деятельности РТП на месте пожара можно преобразовать в следующий вид:

$$P = n * k.$$

При условии, что значения показателей количества и качества решаемых задач пожаротушения будут оцениваться в относительных единицах, показатель результативности РТП можно представить выражением линейной алгебры, построенным на множестве элементов:

$$P = \alpha * n + (1 - \alpha) * k,$$

где $\alpha \in [0; 1]$.

Таким образом, представим обобщенный показатель результативности деятельности РТП:

$$\Pi = \frac{P}{T}.$$

Моделирование показателя результативности дает возможность представить обобщенную математическую модель профессионального тезауруса РТП:

$$\Pi(t) = \Pi_{max} - (\Pi_{max} - \Pi_{min}) * e^{-v*t}.$$

Параметры данной модели возможно определять методами экспертных оценок или тестирования.

Предложенная математическая модель является обобщенной формой оценивания профессиональных качеств РТП и может послужить в дальнейших исследованиях факторов и условий, влияющих на качество пожаротушения.

Литература

1. Глоссарий по информационному обществу / М.Р. Когаловский [и др.]; под общ. ред. Ю.Е. Хохлова. М.: Институт развития информационного общества, 2009. 160 с.
2. Семенов А.О. Сбор и обработка данных оперативной обстановки на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15. № 4.
3. Терехнев В.В., Семенов А.О., Тараканов Д.В. Теоретические основы принятия решений при управлении силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10.
4. Ломов П.А., Шишаев М.Г. Интеграция онтологий с использованием тезауруса для осуществления семантического поиска // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 3. С. 49–59.
5. Шевцов М.В., Борошнев В.Б. Профессиональные качества руководителя тушения пожара // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 236 с.
6. Карпушин Е.С. Взаимосвязь качества труда и профессионализма сотрудников // Управление персоналом. 2008. № 12.
7. Шевцов М.В., Максимов А.И., Борошнев В.Б. О функциональных состояниях руководителя тушения пожара в процессе принятия управленческих решений на месте пожара // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. С. 75–76.

References

1. Glossarij po informacionnomu obshchestvu / M.R. Kogalovskij [i dr.]; pod obshch. red. Yu.E. Hohlova. M.: Institut razvitiya informacionnogo obshchestva, 2009. 160 s.

2. Semenov A.O. Sbor i obrabotka dannyh operativnoj obstanovki na pozhare // Pozharovzryvobezopasnost'. 2006. T. 15. № 4.
3. Terebnev V.V., Semenov A.O., Tarakanov D.V. Teoreticheskie osnovy prinyatiya reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare. ISSN 0869-493 // Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. T. 21. № 10.
4. Lomov P.A., Shishaev M.G. Integraciya ontologij s ispol'zovaniem tezaurusa dlya osushchestvleniya semanticheskogo poiska // Informacionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy. 2009. № 3. S. 49–59.
5. Shevcov M.V., Boroshnev V.B. Professional'nye kachestva rukovoditelya tusheniya pozhara // Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovacii: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. 236 s.
6. Karpushin E.S. Vzaimosvyaz' kachestva truda i professionalizma sotrudnikov // Upravlenie personalom. 2008. № 12.
7. Shevcov M.V., Maksimov A.I., Boroshnev V.B. O funkcional'nyh sostoyaniyah rukovoditelya tusheniya pozhara v processe prinyatiya upravlencheskih reshenij na meste pozhara // Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovacii: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. S. 75–76.

УДК 519.7+614.8

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ТИПОВОЙ ЗАДАЧИ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА В ИНФОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ РАНЖИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ). ЧАСТЬ 1

М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор;

Д.Г. Ахунова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Ю. Ярошенко.

Департамент информационных технологий и связи МЧС России

Научно-техническая статья, состоящая из двух частей, посвящена актуальной проблеме информатизации деятельности ответственного за пожарную безопасность на производственном объекте как предпосылке к ее автоматизации. В первой части введены понятия инфологической среды деятельности, а также контекстное понятие риск-менеджмента. Выбран и обоснован критерий эффективности задачи риск-менеджмента пожарной безопасности в виде совокупности трех показателей: результативности, оперативности и ресурсоэкономности. Описаны предпосылки влияния внешних и внутренних факторов на выбранные показатели эффективности. Осуществлена формальная постановка типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента на примере ранжирования требований пожарной безопасности. Произведен краткий аналитический обзор одноцелевых методов решения задач управления пожарной безопасностью, методов многоцелевых оптимизаций (последовательных уступок, «идеальной» точки, Парето), а также экспертных методов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, производственный объект, ответственный за пожарную безопасность, инфологическая среда, риск-менеджмент, требования пожарной безопасности, многокритериальная задача, метод ранжирования

INTEGRATED METHOD FOR SOLVING A RISK MANAGEMENT TYPICAL TASK IN INFOLOGICAL ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS RANKING). PART I

M.V. Buinevich; D.G. Akhunova.

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

A.Yu. Yaroshenko.

Department of information technologies and communications of the Russian Emergencies Ministry

The scientific and technical article, which consists of two parts, is devoted to the urgent problem of informatization of the activities of the person responsible for fire safety at a production facility as a prerequisite for its automation. The first part introduces the concepts of the infological environment of activity, as well as the contextual concept of risk management. The criterion of the effectiveness of the risk management task of fire safety in the form of a combination of 3 indicators has been selected and justified: potency, operativeness and resource saving. The background of the influence of external and internal factors on the selected performance indicators is described. A formal statement of a typical multicriteria risk management task was carried out using the example of fire safety requirements ranking. A brief analytical review of single-purpose methods for solving fire safety control tasks, multi-purpose optimization methods (consecutive concessions, «ideal» points, Pareto), as well as expert methods was carried out.

Keywords: fire safety, production facility, responsible for fire safety, information environment, risk management, fire safety requirements, multi-criteria task, ranking method

В стране насчитывается большое количество (десятки тысяч) производственных объектов (ПрО), на которых трудятся миллионы людей. Несмотря на разнообразие (масштаб, вид деятельности) все ПрО неизбежно сталкиваются с проблемами обеспечения пожарной безопасности (ПБ). Пожароопасность на сегодняшний день возрастает, так как на ПрО эксплуатируются легковоспламеняющиеся вещества и материалы. Также широкое распространение на производствах получили нефтепродукты и природный газ. В работу внедряют сложные и энергоемкие технологии, которые обладают высокой потенциальной пожароопасностью.

Поэтому сегодня абсолютно каждый ПрО имеет в своём штате должностных лиц, ответственных за ПБ. Данные сотрудники выполняют широкий спектр должностных обязанностей, связанных с поддержанием ПБ на требуемом законодательством уровне. В силу целого ряда факторов, проанализированных авторами в работе [1], в своей деятельности все они испытывают трудности информационного характера. Как результат, информационные потребности лиц, ответственных за ПБ на ПрО, являются неудовлетворенными, что приводит к ненадлежащему исполнению ими своих обязанностей, и, как следствие, сохранению высокого уровня риска пожарной опасности. Налицо актуальная задача удовлетворения этих потребностей, от которых зависит безопасность людей и сохранность материальных ценностей.

Решение этой задачи видится в двух взаимно не исключаящих направлениях. Во-первых, это информатизация деятельности ответственного за ПБ на ПрО путем построения реляционной базы данных взаимосвязанных и взаимообусловленных информационных ресурсов, отражающих суть и содержание процесса обеспечения ПБ ПрО инвариантно к решаемым частным задачам. А, во-вторых, переход от малорезультативных попыток «побуквенного» следования многочисленным разрозненным по различным источникам нормативным требованиям (позиция исполнителя – пассивная) к управлению пожарными рисками или, так называемый, риск-менеджмент (позиция управленца – активная) с помощью соответствующих программных продуктов на своих автоматизированных рабочих местах.

В результате прогнозируется создание некоторой инфологической (автоматизированной) среды деятельности ответственного за ПБ на ПрО, позволяющей создать сценарии решения типовых задач риск-менеджмента, поддержанных как информационно, так и функционально. Далее в статье пойдет речь о решении типовой задачи риск-менеджмента ПБ в инфологической среде.

Выбор и обоснование показателей эффективности типовой задачи риск-менеджмента ПБ

При защите ПрО ответственный за ПБ вынужден постоянно решать задачу выбора соответствующих требований, которые необходимо выполнять в первую очередь (при том, что выполнению подлежат все). Это следует из ряда следующих соображений. Во-первых, некоторые требования являются более приоритетными для выполнения, чем другие – например, связанные со спасением жизни людей. Во-вторых, исходя из того, что выполнение требований может занимать различное время, очевидно, имеет смысл удовлетворить вначале те, затрачиваемое время на которые будет минимальным, – это позволит избежать риска лавинообразных последствий. И, в-третьих, при «близких» требованиях целесообразно выбрать те, затраты на которые будут наименьшими, что позволит выполнить большее количество требований. И, главное, все эти соображения оказываются взаимосвязанными между собой, а временные и финансовые ресурсы, отводимые на реализацию требований – ограниченными.

Как результат, ответственному за ПБ на ПрО при выполнении своих функциональных обязанностей приходится решать оптимизационную задачу повышения эффективности выполнения требований. В данном случае под эффективностью считается ее классическое понимание в виде совокупности трех показателей: результативности, оперативности и ресурсоэкономности. Первый показатель означает эффект, получаемый от выполнения требований. Очевидно, непосредственное результирующее спасение человеческих жизней будет положительно сказываться на эффективности. Второй показатель означает быстроту выполнения требований. Так, если из двух «близких» требований одно можно сделать быстрее, то и выполнять его предпочтительнее – то есть эффективность выше. Третий показатель определяет общие финансовые затраты, которые должен понести хозяйствующий субъект (или временные – ответственный за ПБ на ПрО) для выполнения требований. Естественно, наем дополнительных сотрудников также может быть оценен с финансовой точки зрения. Общий вид эффективности хорошо известен и имеет следующий вид:

$$E = \langle E_R, E_O, E_G \rangle,$$

где E_R – показатель результативности; E_O – показатель оперативности; E_G – показатель ресурсоэкономности.

Как хорошо видно, какого-либо однозначного ответа на вопрос «Каким единственным правилом руководствоваться ответственному за ПБ на ПрО для максимально эффективного выполнения всех требований?» дать невозможно. Это можно подтвердить хорошо известным фактом, что повышение результата без каких-либо оптимизационных действий приведет к снижению оперативности или ресурсоэкономности (то есть повышению расхода требуемых ресурсов). Например, внедрение системы оповещения людей при пожаре на всей территории ПрО (повышение результативности) без изменений в ее структурах может быть осуществлено или за очень длительный срок (прокладыванием звукового канала во все помещения, хотя и с минимальными финансовыми затратами), или за очень большие деньги (покупкой и установкой беспроводных систем оповещения, хотя и за быстрый срок). В первом варианте за время установки уже может произойти пожар, а во втором – может банально не хватить денег на закупку огнетушителей.

Предпосылки влияния внешних и внутренних факторов на показатели эффективности

Исходя из имеющихся связей (поскольку ПБ обеспечивается не на абстрактном, а в реальном окружении и на реальном ПрО), на сами показатели эффективности могут оказывать влияние как внешние факторы, так и внутренние факторы; что также необходимо учитывать ответственному за ПБ. Опишем предпосылки этого влияния более подробно.

Предпосылка 1 (П-1). Одно из основных функциональных предназначений ответственного за ПБ на ПрО состоит в выполнении некоторых требований i , и эта функция для него считается приоритетной, и поэтому первоочередной. Например, необходимость в установке системы оповещения при пожаре.

Предпосылка 2 (П-2). Требования i не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству требований $\{I\}$. Таким образом, весь набор требований имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, требования состоят из наличия системы оповещения и системы пожаротушения.

Предпосылка 3 (П-3). Невыполнение требования i равносильно некоторому нарушению d . Таким образом, нарушение возникает не в момент инцидента, возникшего в результате невыполнения требования, а уже в момент этого самого невыполнения. Тут необходимо подчеркнуть отсутствие вероятностного характера работы ответственного за ПБ на ПрО – «не выполнил требование = однозначно нарушил ПБ». Например, отсутствие требуемой системы оповещения – однозначно является нарушением.

Предпосылка 4 (П-4). Нарушения d не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству нарушений $\{D\}$ (аналогично П-2). Таким образом, весь набор нарушений имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, нарушения состоят из отсутствия системы оповещения и системы пожаротушения.

Предпосылка 5 (П-5). Каждое нарушение d ведет к некоторой угрозе t . Таким образом, все невыполнения требований оказываются связанными с угрозами через нарушения. Например, невыполнение требования по установке системы оповещения при пожаре ведет к соответствующему нарушению и угрозе жизни людей.

Предпосылка 6 (П-6). Угрозы t не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству угроз $\{T\}$ (аналогично П-2 и П-4). Таким образом, весь набор угроз имеет ограничение и также может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все угрозы состоят из угрозы жизни людей и угрозы ущерба технике.

Предпосылка 7 (П-7). Сама суть угрозы заключается в нанесении ущерба \bar{a} защищаемому активу a . Таким образом, осуществляется переход от больше математического или информационного понятия (угроза) к вполне реальному (актив). Самым главным активом является жизнь и здоровье людей.

Предпосылка 8 (П-8). Активы a (ущербы активам \bar{a}) не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству активов $\{\bar{A}\}$ (ущербов активам $\{\bar{A}\}$) (аналогично П-2, П-4 и П-6). Таким образом, весь набор активов (ущербов) имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Активы определяются контекстно конкретному ПрО и инвариантно от других ранее описанных элементов; активы – это все, что представляет ценность для хозяйствующего субъекта, и потому подлежат защите и учету.

Предпосылка 9 (П-9). Для мотивации хозяйствующих субъектов к исполнению требований ПБ за ее нарушение d налагается штраф $d_{\$}$. Таким образом, при невыполнении требований, хозяйствующий субъект может понести ущерб не только в случае реализации угрозы (например, при пожаре и уничтожении активов), но и непосредственно в момент фиксации нарушения требований. Например, штраф составляет определенную (чувствительную для хозяйствующего субъекта) сумму.

Предпосылка 10 (П-10). Штрафы $d_{\$}$ не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству штрафных санкций $\{D_{\$}\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6 и П-8). Таким образом, весь набор штрафных санкций имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО в своей работе. Например, штрафные санкции состоят из набора определенных сумм, позволяющих также определить диапазон трат, которые может понести хозяйствующий субъект при невыполнении требований.

Предпосылка 11 (П-11). Для предотвращения угроз t ответственный за ПБ на ПрО может применять соответствующие защитные меры m . Таким образом, существуют «рычаги» управления состоянием ПБ на ПрО – что переводит рассматриваемую систему в математическую плоскость (и рассматривается в теории управления). Например, внедрение системы оповещения частично предотвращает жертвы среди людей при пожаре.

Предпосылка 12 (П-12). Каждая защитная мера m обладает некоторой стоимостью ее реализации $m_{\$}$. Очевидно, что при прочих равных условиях, чем ниже стоимость, тем более предпочтительнее мера для ПрО – ее эффективность E выше. Например, стоимость внедрения системы оповещения составляет некоторую сумму.

Предпосылка 13 (П-13). Стоимость некоторой защитной меры $m_{\$}$ не является произвольной, а принадлежит некоторому определенному множеству стоимостей защитных мер $\{M_{\$}\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6, П-8 и П-10). Таким образом, весь набор стоимостей защитных мер имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все защитные меры имеют определенный набор стоимостей, позволяющий также определить диапазон трат, которые может понести хозяйствующий субъект для предотвращения всех угроз ПБ.

Предпосылка 14 (П-14). Каждая защитная мера m обладает некоторым временем ее реализации m_B . Очевидно, что при равных условиях, чем ниже время, тем более предпочтительна мера для ПрО – ее эффективность E выше. Например, время внедрения системы оповещения составляет некоторую длительность.

Предпосылка 15 (П-15). Время на реализацию защитной меры m_B не является произвольным, а принадлежит некоторому определенному множеству времен на реализацию защитных мер $\{M_B\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6, П-8, П-10 и П-12). Таким образом, весь набор времен на реализацию защитных мер имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все защитные меры имеют определенный набор времен на их реализацию, позволяющий также определить минимальное и максимальное время, которые могут понадобиться хозяйствующему субъекту для реализации всех мер по предотвращению всех угроз.

Формальная постановка задачи ранжирования требований ПБ

Рассмотренные зависимости (по сути, псевдоаналитическая модель) имеют следующую формальную запись, которая с позиции ответственного за ПБ на ПрО интерпретируется как исходные данные в решаемой задаче:

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall i \in \{I\}, i \Leftrightarrow d \in \{D\} \Rightarrow t \in \{T\} \Rightarrow \bar{a} \in \{\bar{A}\} \\ \forall d \in \{D\}, d \equiv d_{\$} \in \{D_{\$}\} \\ \forall t \in \{T\}, t \Rightarrow m \\ m \equiv \langle m_{\$} | m_B \rangle: m_{\$} \in \{M_{\$}\}, m_B \in \{M_B\} \end{array} \right. .$$

Дано:

Для каждого требования i из множества требований $\{I\}$, его невыполнение равносильно некоторому нарушению d из множества возможных нарушений $\{D\}$, которое приводит к некоей угрозе t из множества возможных угроз $\{T\}$, которая приводит к некоторому ущербу \bar{a} из множества возможных ущербов активов $\{\bar{A}\}$; при этом за каждое нарушение d из множества возможных нарушений $\{D\}$ следует однозначный штраф $d_{\$}$ из множества штрафных санкций $\{D_{\$}\}$ и для каждой угрозы t из множества возможных угроз $\{T\}$ существует защитная мера стоимостью $m_{\$}$ из множества стоимостей защитных мер $\{M_{\$}\}$ и временем на ее реализацию m_B из множества времен на реализацию $\{M_B\}$.

Для лучшего отображения взаимосвязей они могут быть показаны с помощью следующего графического представления (рис.).

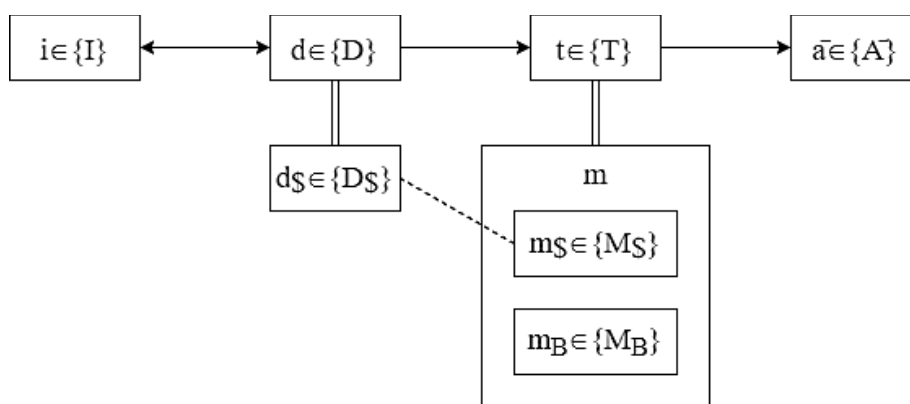


Рис. Графическое представление исходных данных задачи ранжирования требований ПБ

Таким образом, описанная аналитическая модель является основополагающей для решений, принимаемых ответственным за ПБ на ПрО. Пунктирной линией на рисунке отмечен тот факт, что штрафные санкции, определяемые конкретными денежными суммами,

связаны со стоимостью мер, направленных на противодействия угрозам. Это следует из того, что финансовые ресурсы, затрачиваемые на обе эти задачи, у хозяйствующего субъекта одни.

Рассмотрим теперь непосредственно задачу, решаемую ответственным за ПБ на ПрО. Исходя из того, что эффективность является функцией нескольких показателей (имеющих, обычно, взаимно негативное влияние) и не оптимизируема тривиальным способом, при этом меры по противодействию угрозам ПБ, как правило, не могут выполняться одновременно (по множеству причин в реальном мире, в том числе организационным), а ответственному за ПБ на ПрО необходимо иметь четкую последовательность действий, готовых к выполнению, сама задача может быть описана следующим образом. Во-первых, ответственный за ПБ на ПрО должен получить требования i , необходимые для выполнения, в определенном порядке – то есть отранжировать их по приоритету выполнения. Во-вторых, основным (но не обязательно единственным) критерием ранжирования должен стать итоговый ущерб согласно самой сути ПБ. И, в-третьих, на стоимость и время осуществления мер m по недопущению угроз t наложены ограничения (что является очевидным с практической точки зрения). Такая постановка задачи в формальном виде может быть записана следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{I * \bar{A} = \min\} := \{i_k > i_m > \dots > i_n\}, i_k \in \{I\}, i_m \in \{I\}, i_n \in \{I\} \\ \{M_\$ \} < \text{limit}_\$ \\ \{M_B \} < \text{limit}_B \\ Q(\{I\}) \equiv i_k > i_m > \dots > i_n \end{array} \right. ,$$

где оператор «>» – упорядочивание требований по приоритету. Для удобства сам процесс такого ранжирования на основании приоритетов обозначим при помощи оператора $Q()$ от множества требований.

Найти:

Упорядоченное ($>$) по приоритету (минимуму ущерба $\{\bar{A}\}$) множество требований $\{I^*\} \subseteq \{I\}$ при условии ограниченного финансового $\{\$\}$ и временного ресурса $\{B\}$ на их выполнение.

Согласно такой постановке задачи основная сложность в ее решении ответственным за ПБ на ПрО заключается в определении оператора ранжирования $Q()$, поскольку работа сводится к последовательному выполнению отранжированных требований. Сложность поиска оператора заключается в многокритериальности эффективности, которую он должен повысить за счет «правильного» выбора порядка выполняемых требований. Алгоритм этого оператора и будет предложен далее.

Выбор и обоснование метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента

Краткий аналитический обзор одноцелевых методов решения задач управления ПБ

Поскольку задача ранжирования требований относится к области управления ПБ (в частности, прогнозу), то сделаем обзор и сравнение основных применяемых в ней методов, отталкиваясь от анализа, проведенного профессором А.В. Фоминым [2]. Научной основой управления ПБ является общая теория управления стохастическими процессами [3], основанная на таких теориях, как: теория оценивания, теория связей, непараметрический и Байесовский подход [4]; детерминистическая теория оптимального управления [5]; теория случайных процессов [6]. Также применяются методы из других смежных наук: квалиметрия [7]; эконометрика [8, 9]; прогностика [10]; исследование операций (включая системный анализ, теорию игр, эвристические подходы, методы искусственного интеллекта, имитационное моделирование по методу Монте-Карло) [11, 12] и др.

В случае непрерывного управления динамическими системами применяется принцип Понтрягина [13], а в случае дискретного административного управления – принцип оптимальности Беллмана [14]. В случае выбора решений без наблюдения характеристик процессов может быть применен метод динамики средних Колмогорова [15].

При неполных данных для прогнозирования ущерба при пожарах или чрезвычайных ситуациях используют экспертные оценки в комбинации с критериями (стратегиями) выбора оптимального решения: критерий минимина [16]; критерий крайнего пессимизма Вальда [17]; критерий минисредних Лапласа-Бейеса [17]; критерий оптимизма/пессимизма Гурвица [18]; стратегия анализа риска Севиджа [19] и прочие, которые, в свою очередь, также выбираются на основе дополнительных соображений экспертов или лиц, принимающих решение.

Основной особенностью перечисленных методов является то, что они позволяют оптимизировать систему, исходя из одной цели. Однако для ответственного за ПБ на ПрО таких целей может быть несколько – как минимум три: результативность выполнения требования, затраченное время и стоимость его реализации. Следовательно, необходимо обратиться к методам многоцелевых оптимизаций.

Достоинства и недостатки основных методов многоцелевой оптимизации

Существует немногочисленный (по сравнению с одноцелевым) «отряд» методов решения задач оптимизации по более чем одному критерию. Кратко рассмотрим методы, получившие широкое применение в задачах управления ПБ (и им подобных): последовательных уступок, «идеальной» точки и оптимальных решений по Парето, – на предмет решения поставленной типовой задачи риск-менеджмента ПБ.

Метод последовательных уступок [2]

При оптимизации по методу уступок все критерии считаются важными, но неравноценными, что позволяет их отранжировать в порядке значимости. Варьируя их значениями, стараются гарантировать выигрыш по менее значимым критериям, существенно превосходящий потерю эффективности по более значимым. Результатом работы метода является некоторое квазиоптимальное решение. Допустимый уровень его отклонения от оптимума определяется условиями задачи, в частности, требуемой точностью вычислений критериев.

Для назначения уступок необходимо проанализировать взаимосвязь частных критериев. При этом для каждой пары последовательно анализируемых критериев необходимо задать несколько значений уступок и определить изменения максимальных значений критерия. По результатам анализа их взаимосвязи определяется разумная величина уступки с учётом соотношения значимости рассматриваемых критериев.

К несомненным достоинствам метода относится содержательная простота и учет всех компонент векторного критерия. Однако рассмотренный метод не может быть применён к поставленной задаче риск-менеджмента по следующим причинам: во-первых, необходимо вручную подбирать величину уступок, что для ответственного за ПБ на ПрО является трудной алгоритмической задачей, а, во-вторых – не представляется возможным составить уравнение, использующее разные типы данных (время на реализацию защитных мер – временные числовые, стоимость защитных мер и штрафных санкций – финансовые числовые, ущерб активам – финансовые числовые и логические или числовые).

Метод «идеальной» точки [3]

Данный метод основан на задании «идеальной» точки, которая представляет собой точку в n -мерном пространстве всех одинаково важных независимых критериев, соответствующую их «идеальным» значениям. Оптимальной считается вариант наиболее

близкий к «идеальной точке». Суть метода состоит в измерении (вычислении) расстояния до нее для каждого варианта с выбором оптимального по критерию минимальности. Измерение расстояния предполагает наличие некоторой метрики в пространстве критериев, которую можно задавать произвольно, но обычно используют евклидово расстояние, что предполагает предварительную нормировку показателей эффективности для устранения их различных размерностей, масштабов измерения и т.д.

Данный метод невозможно использовать для решения поставленной задачи по следующим причинам:

- 1) не представляется возможным выполнить нормировку показателей, так как они имеют разные типы данных;
- 2) критерии имеют разную важность (как, например, несравним материальный ущерб с человеческой жизнью);
- 3) критерии взаимозависимы (нарушения d приводят к угрозам t , а те, в свою очередь, к санкциям d_s со стороны надзорных органов и ущербам \bar{a} при происшествиях etc);
- 4) существует неявная взаимная компенсация показателей, которая становится неконтролируемой при $n \geq 3$.

Метод оптимальных решений по Парето [4]

Целевое предназначение метода, как выявление проблем, подлежащих первоочередному решению, в формулировке решаемой задачи является особо привлекательным. Суть многокритериальной оптимизации по Парето состоит в получении некоторого множества «оптимальных» решений (как наборов показателей эффективности), когда ни одно из решений из этого множества не может быть заменено на лучшее по какому-либо критерию без заметного его ухудшения хотя бы по одному из других критериев.

Также известно знаменитое правило (принцип) Парето «80/20» или «20/80», согласно которому большинство проблем (~80 %) порождено достаточно ограниченным (~20 %) количеством причин, или иначе – примерно 20 % усилий дают около 80 % эффекта. Для рассматриваемой типовой задачи риск-менеджмента, но принципиально в другой постановке, приложение принципа Парето означает следующее: через анализ и группировку причин нарушений (с целью выявления пресловутых 20 %) с последующим их (нарушений) ранжированием и далее транспонированием (ввиду тождественности нарушений невыполнению требований ПБ) в отранжированные требования, выполнение которых обеспечит наибольшую ПБ.

Очевидное достоинство метода, заключающееся в его простоте и наглядности, делает его удобным инструментом ответственного за ПБ на ПрО, не имеющего специальной подготовки, но работает только при количестве показателей эффективности не более трех (а в идеале – двух), что вполне соответствует постановке решаемой задачи. К недостатку использования метода Парето для решения задач может быть отнесена возможность ошибочной интерпретации результирующей значимости (первоочередности выполнения) требований, если не учитывать стоимость возникающих последствий.

С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что метод Парето применим к графическому решению поставленной задачи в части получения отранжированных требований, обладающих неким «неулучшаемым» кортежем из ограниченного количества показателей эффективности; при этом более предпочтительным (первоочередным к выполнению) будет требование с их «доминирующей» суммарной совокупностью. Однако его контекстное применение в случае выявления «равных» и «неулучшаемых» требований может потребовать их дальнейшего «внутреннего» ранжирования, но уже иным (не по Парето) способом.

Устранение отмеченного выше недостатка метода Парето потребует преобработки «исходных» требований на предмет значимости последствий от их невыполнения, а также

последующей постобработки полученных промежуточных результатов ранжирования на предмет ограничений, например по стоимости защитных мер.

Экспертные методы решения задач управления ПБ

В противовес максимально возможно объективным (то есть без участия человека) рассмотренным выше методам решения задач управления ПБ существует отдельный класс методов, называемых экспертными. Суть их заключается в учете мнения специалистов, профессионалов в соответствующей области (то есть экспертов) в процессе решения задачи.

Экспертные методы могут применяться в задачах управления ПБ самостоятельно, а не только в комплексе с другими методами, например: метод дерева целей [20]; метод бальных оценок [21]; метод предпочтений [22]; метод решающих матриц (организации сложных экспертиз) [23]; методы на моделях информационного подхода А.А. Денисова [24].

В ряде случаев применяется непосредственное привлечение эксперта для всех этапов оценки ПБ: создание рабочей группы и экспертной комиссии; назначение целей и способов ее оценки; создание анкет и проведение опроса; анализ результатов и предложение итоговых решений [25]. В других случаях эксперты привлекаются лишь для корректировки отдельных параметров. Так, в работе [26] предлагается формула для вычисления пожарной опасности объекта, которая использует показатели ПБ зданий, вычисляемые через характеристики здания с некоторыми коэффициентами. Последние как раз и получаются на основании экспертных оценок. Для этого создается опросный лист, в котором предлагается оценить влияние параметров на состояние ПБ зданий.

Также, иногда предлагается [27] привлечение специалистов из разных областей: по инфраструктуре, по правовым вопросам, по надзору и т.п. Они производят идентификацию качественно разных угроз, вероятность которых определяется с использованием, в том числе статистических методов.

Очевидно, что все экспертные методы обладают основным недостатком, исходящим из принципа их функционирования – субъективностью мнения человека, который может как высказывать ошибочные предположения, так и сознательно их искажать. Также остается открытым вопрос, в какой именно момент необходимо прибегать к использованию эксперта – при подготовке данных для расчета, при собственно самом расчете или при отборе и интерпретации полученных результатов?

Выбор метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента

Для выбора метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента из вышерассмотренных методов или определения возможностей их применения к задаче, поставленной выше, необходимо учесть специфику области, в рамках которой работает ответственный за ПБ на ПрО.

Эта специфика, помимо прочего, подразумевает три положения, частично упомянутых ранее. Во-первых, это безусловная важность человеческой жизни, на сохранение которой направлена основная деятельность по обеспечению ПБ. Во-вторых, оперативность выполнения требований и принятия мер при ограниченном количестве ресурсов, что обязывает находить сбалансированные решения для парадигмы (сущностного метода принятия решений) «время – деньги». И, в-третьих, выполнение внутривладельческих требований, полная картина для которых имеется, как правило, только у хозяйствующего субъекта и ответственных сотрудников (экспертов) ПрО.

Из проведенного анализа можно сделать выводы, что рассмотренные методы (одноцелевые, многоцелевые, экспертные) применимы к задаче, решаемой ответственным за ПБ на ПрО, лишь частично. Так, часть из них решает многоцелевую задачу – что не отвечает на основной вопрос: «В каком точном порядке выполнять требования?». Другие сильно полагаются на экспертные оценки, что приведет к очередному вопросу – «С какой степенью можно доверять мнению специалиста?». Третьи не ищут компромисс между

несколькими характеристиками объектов, требований и мер, создавая тем самым дилемму выбора – «Почему надо выполнять одно требование, а не другое?». Причина же того, что ответственный за ПБ не может пропускать вышеозвученные вопросы, заключается именно в специфике данной предметной области и связанных с ней рисками. Поэтому, для полноценного решения задачи риск-менеджмента ответственному за ПБ на Про понадобится комплексное применение набора методов, каждый из которых учитывал бы собственную специфику области ПБ.

Литература

1. Ахунова Д.Г., Буйневич М.В., Власов С.С. Обеспечение пожарной безопасности производственных объектов на основе информатизации риск-менеджментного подхода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 1 (33). С. 4–11.
2. Фомин А.В., Мочалов В.П. Анализ методов управления пожарной безопасностью объектов защиты // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2011. № 1. С. 19–24.
3. Волгин Л.Н. Оптимальное дискретное управление динамическими системами. М.: Наука, 1986. 240 с.
4. Systems Engineering Thinking Wiki. URL: <http://sewiki.ru/> (дата обращения: 27.05.2020).
5. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232 с.
6. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2010. 295 с.
7. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции / Г.Г. Азгальдов [и др.] // Стандарты и качество. 1968. № 1. С. 34–40.
8. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. 263 с.
9. Прасолов А.В. Математические методы экономической динамики: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2008. 352 с.
10. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. Методологические аспекты. М.: Наука, 1972. 224 с.
11. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. 384 с.
12. Орлов А.И. Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений: учеб. пособие. М.: МарТ, 2005. 496 с.
13. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. М.: Наука, 1983. 393 с.
14. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 123 с.
15. Колмогоров А.Н. Математика и механика // Избранные труды: в 6-ти т. М.: Наука, 1985. Т. 1. С. 136–138.
16. Тимченко Т.М. Системный анализ в управлении: учеб. пособие. М.: РИОР, 2012. 161 с.
17. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. М.: Дашков и К, 2018. 544 с.
18. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. СПб.–М.–Краснодар: Лань, 2010. 446 с.
19. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 2017. 512 с.

20. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михайловская М.Б. Измерения в психологии: общий психологический практикум. М.: Смысл, 1987. 254 с.
21. Лобанов А.А. Метод предпочтений как инструмент поддержки принятия решений // Перспективы науки и образования. 2015. 2 (14). С. 37–43.
22. Волкова В.Н. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций. СПб.: Изд-во СПб политехн. ун-та, 2014. 246 с.
23. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01) / Ю.А. Дадонов [и др.]. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. Сер. 3. Вып. 10. 40 с.
24. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. 2-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 96 с.
25. Фомин А.В., Тужиков Е.Н. Экспертный метод оценки деятельности органов местного самоуправления по реализации первичных мер пожарной безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 27–34.
26. Костерин И.В. Экспертный метод оценки пожарной опасности многофункциональных общественных зданий // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2011. Вып. № 2 (36), апрель. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 07.05.2020).
27. Черепанов Д.А., Ермаков А.С. Экспертная оценка пожарного риска для кемпинга с применением матрицы последствий и вероятностей // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 26 (2). С. 62–71.

References

1. Ahunova D.G., Bujnevich M.V., Vlasov S.S. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti proizvodstvennyh ob"ektov na osnove informatizacii risk-menedzhmentnogo podhoda // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2020. № 1 (33). С. 4–11.
2. Fomin A.V., Mochalov V.P. Analiz metodov upravleniya pozharnoj bezopasnost'yu ob"ektov zashchity // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2011. № 1. С. 19–24.
3. Volgin L.N. Optimal'noe diskretnoe upravlenie dinamicheskimi sistemami. М.: Nauka, 1986. 240 с.
4. Systems Engineering Thinking Wiki. URL: <http://sewiki.ru/> (data obrashcheniya: 27.05.2020).
5. Rastrigin L.A. Sovremennye principy upravleniya slozhnymi ob"ektami. М.: Sov. radio, 1980. 232 с.
6. Kel'bert M.YA., Suhov YU.M. Veroyatnost' i statistika v primerah i zadachah. Т. II: Markovskie cepi kak otpravnyaya tochka teorii sluchajnyh processov i ih prilozheniya. М.: MCNMO, 2010. 295 с.
7. Kvalimetriya – nauka ob izmerenii kachestva produkcii / G.G. Azgal'dov [i dr.] // Standarty i kachestvo. 1968. № 1. С. 34–40.
8. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Matematiko-statisticheskie metody ekspertnyh ocenok. М.: Statistika, 1980. 263 с.
9. Prasolov A.V. Matematicheskie metody ekonomicheskoy dinamiki: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2008. 352 с.
10. Lisichkin V.A. Teoriya i praktika prognostiki. Metodologicheskie aspekty. М.: Nauka, 1972. 224 с.
11. Germejer Yu.B. Vvedenie v teoriyu issledovaniya operacij. М.: Nauka, 1971. 384 с.
12. Orlov A.I. Prinyatie reshenij. Teoriya i metody razrabotki upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. М.: MarT, 2005. 496 с.
13. Matematicheskaya teoriya optimal'nyh processov / L.S. Pontryagin [i dr.]. М.: Nauka, 1983. 393 с.

14. Bellman R. Dinamicheskoe programmirovaniye. M.: Izd-vo inostrannoy literatury, 1960. 123 s.
15. Kolmogorov A.N. Matematika i mekhanika // Izbrannyye trudy: v 6-ti t. M.: Nauka, 1985. T. 1. S. 136–138.
16. Timchenko T.M. Sistemnyy analiz v upravlenii: ucheb. posobie. M.: RIOR, 2012. 161 s.
17. Shapkin A.S., Shapkin V.A. Ekonomicheskie i finansovyye riski. Ocenka, upravleniye, portfel' investitsiy. M.: Dashkov i K, 2018. 544 s.
18. Mazalov V.V. Matematicheskaya teoriya igr i prilozheniya. SPb.–M.–Krasnodar: Lan', 2010. 446 s.
19. Rajzberg B.A., Lozovskiy L.Sh., Starodubceva E.B. Sovremennyy ekonomicheskij slovar'. M.: INFRA-M, 2017. 512 s.
20. Gusev A.N., Izmajlov Ch.A., Mihajlovskaya M.B. Izmereniya v psihologii: obshchij psihologicheskij praktikum. M.: Smysl, 1987. 254 s.
21. Lobanov A.A. Metod predpochteniy kak instrument podderzhki prinyatiya resheniy // Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2015. 2 (14). S. 37–43.
22. Volkova V.N. Modeli upravleniya innovacionnoy deyatel'nost'yu predpriyatij i organizacij. SPb.: Izd-vo SPb politekhn. un-ta, 2014. 246 s.
23. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov (RD 03-418-01) / Yu.A. Dadonov [i dr.]. M.: ZAO «Nauchno-tekhnicheskij centr issledovaniy problem promyshlennoj bezopasnosti», 2010. Ser. 3. Vyp. 10. 40 s.
24. Denisov A.A. Sovremennyye problemy sistemnogo analiza: Informacionnyye osnovy. 2-e izd. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2004. 96 s.
25. Fomin A.V., Tuzhikov E.N. Ekspertnyy metod ocenki deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya po realizacii pervichnykh mer pozharnoj bezopasnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 2. S. 27–34.
26. Kosterin I.V. Ekspertnyy metod ocenki pozharnoj opasnosti mnogofunkcional'nykh obshchestvennykh zdaniy // Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti». 2011. Vyp. № 2 (36), aprel'. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (data obrashcheniya: 07.05.2020).
27. Cherepanov D.A., Ermakov A.S. Ekspertnaya ocenka pozhar'nogo riska dlya kempinga s primeneniem matricy posledstvij i veroyatnostej // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. № 26 (2). S. 62–71.

АБСТРАКТНАЯ И ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

И.В. Левчунец.

Главное управление «Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России».

А.В. Максимов, кандидат технических наук;

А.Н. Метельков, кандидат юридических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются модели безопасности при организации информационно-технического взаимодействия гетерогенных автоматизированных информационных систем в связи с созданием в России единого информационного пространства в цифровой экономике и государственном управлении. Выявляются основные, значимые с точки зрения информационной безопасности, элементы автоматизированных систем. Описывается механизм возникновения потенциальных новых уязвимостей. Предлагается подход для их выявления на основе анализа приведенных моделей в сочетании с последующим использованием метода экспертных оценок, выделение вновь появляющихся в процессе интеграции автоматизированных информационных систем актуальных угроз и проведение их анализа с учетом оценки совокупного уровня опасности совместной эксплуатации уже существующих в каждой из систем и вновь возникших в процессе интеграции уязвимостей.

Ключевые слова: безопасность при интеграции систем, безопасное информационно-техническое взаимодействие, модель безопасности при интеграции

ABSTRACT AND FORMAL SECURITY MODELS IN INFORMATION AND TECHNICAL INTERACTION OF AUTOMATED SYSTEMS

I.V. Levchunets. Headquarters «National crisis management centre of EMERCOM of Russia».

A.V. Maximov; A.N. Metelkov.

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

Security models are considered in the organization of information and technical interaction of heterogeneous automated information systems in connection with the creation of a unified information space in the digital economy and public administration in Russia. The main elements of automated systems that are significant from the point of view of information security are identified. The mechanism of potential new vulnerabilities is described. An approach is proposed for their identification based on the analysis of the given models in combination with the subsequent use of the expert evaluation method. We propose an approach based on the creation of models in combination with the subsequent use of expert evaluation method highlighting emerging in the process of integrating automated information systems relevant threats and their analysis based on an assessment of the cumulative danger level joint operation existing in each system and re-emerged in the process of integration of vulnerability.

Keywords: security during the integration of systems, secure information and technical interaction, security model for integration

Бурное развитие и повсеместное внедрение различных информационных систем практически во все сферы деятельности современного информационного общества, а также

заданный на государственном уровне курс на цифровизацию всех основных сфер жизнедеятельности людей привели, с одной стороны, к необходимости автоматизации и оптимизации ряда информационных процессов, а, с другой – к реализации и дальнейшему совершенствованию информационно-технического взаимодействия (ИТВ) функционирующих, а также вновь разрабатываемых и внедряемых информационных систем. В процессе интеграции возникает ряд проблем, связанных, в том числе с реализацией политики безопасности гетерогенных информационных систем (аппаратная и программная совместимость, согласование языков и форматов сообщений, вопросы резервирования, аттестации, сертификации, лицензирования, учет и соблюдение различных степеней секретности и уровней конфиденциальности обрабатываемой информации и т.п.).

При этом обеспечение информационной безопасности в процессе реализации интеграционных механизмов и при дальнейшей эксплуатации информационных систем нередко совсем упускаются из виду, либо реализуется формально.

Под интеграцией автоматизированных информационных систем в широком смысле в рамках данной статьи будем понимать любое ИТВ таких систем.

Как известно, в нормативных правовых актах и научной технической литературе существует целый ряд точек зрения на содержание понятий «информационная система», «автоматизированная система» и их классификацию, ведутся нескончаемые дискуссии. В Информационном сообщении Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России от 15 июля 2013 г. № 240/22/2637 даны разъяснения по вопросу применения рассматриваемых понятий. В частности, в Требованиях, утвержденных приказом ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17, и Составе и содержании мер, утвержденных приказом ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21, используется понятие «информационная система», установленное Федеральным законом от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». При этом понятие «государственная информационная система», цели и порядок ее создания, а также порядок эксплуатации установлены ст.ст. 13 и 14 указанного федерального закона. В иных методических документах и национальных стандартах в области защиты информации используется понятие «автоматизированная система», определенное национальным стандартом ГОСТ 34.003–90. Учитывая, что Требования и Состав и содержание мер разрабатывались во исполнение федеральных законов от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных», соответственно, в которых используется понятие «информационная система», в нормативных правовых актах ФСТЭК России также используется указанное понятие.

Исходя из родственных определений понятия «информационная система», установленного Федеральным законом от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ, и понятия «автоматизированная система», установленного Национальным стандартом ГОСТ 34.003–90, а также из содержания Требований, утвержденных приказом ФСТЭК России от 11 февраля 2013 г. № 17, и Состава и содержания мер, утвержденных приказом ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21, использование в нормативных правовых актах ФСТЭК России понятия «информационная система» не влияет на конечную цель защиты информации и, следовательно, на построение математической модели с использованием теории графов. Авторы, разделяя в целом такой подход, используют в статье понятие «автоматизированная информационная система».

Компонентом автоматизированной информационной системы будем считать элемент одного из основных видов обеспечения (технического, программного, информационного и др.), выполняющий определённую функцию в подсистеме автоматизированной информационной системы и обеспечивающий её работу.

При декомпозиции ИТВ двух автоматизированных информационных систем можно выделить следующие основные виды обеспечения, характерные для автоматизированных систем любого типа: техническое (телекоммуникационное оборудование – ТКО, серверы,

непосредственно автоматизированные рабочие места (АРМ), информационное (информационные ресурсы) и программное обеспечение, а также ИТ-сервисы.

При этом, независимо от степени интеграции автоматизированных информационных систем и используемого способа организации ИТВ, помимо уже существующих интегрируемых систем следует отметить необходимость создания компонентов взаимодействия, реализующих и обеспечивающих определенный механизм интеграции.

С целью выявления особенностей, влияющих на информационную безопасность сопряжения информационных систем, целесообразно выделить и учесть некоторые аспекты организации такого взаимодействия:

- существование множества угроз информационной безопасности и уязвимостей отдельных компонентов [1];
- содержание различной информации ограниченного доступа (особо следует отметить возможность обработки информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну, различных степеней секретности) во взаимодействующих информационных системах;
- наличие потенциальных внутренних (так называемых «инсайдерских») угроз со стороны пользователей, операторов, администраторов и т.п.;
- реализация различных ИТ-сервисов, обеспечивающих работу пользователей в каждой из систем, самих систем и информационный обмен между ними [2];
- возможное присутствие разнородного аппаратного и программного (в том числе системного) обеспечения как внутри каждой из систем, так и в реализации механизма взаимодействия;
- в зависимости от масштаба распределённых систем и других факторов может иметь место территориальная удаленность компонентов каждой из систем и самих информационных систем.

Для формирования модели угроз при ИТВ предлагается учитывать взаимодействие активов информационных систем схематически представленное на рис. 1.

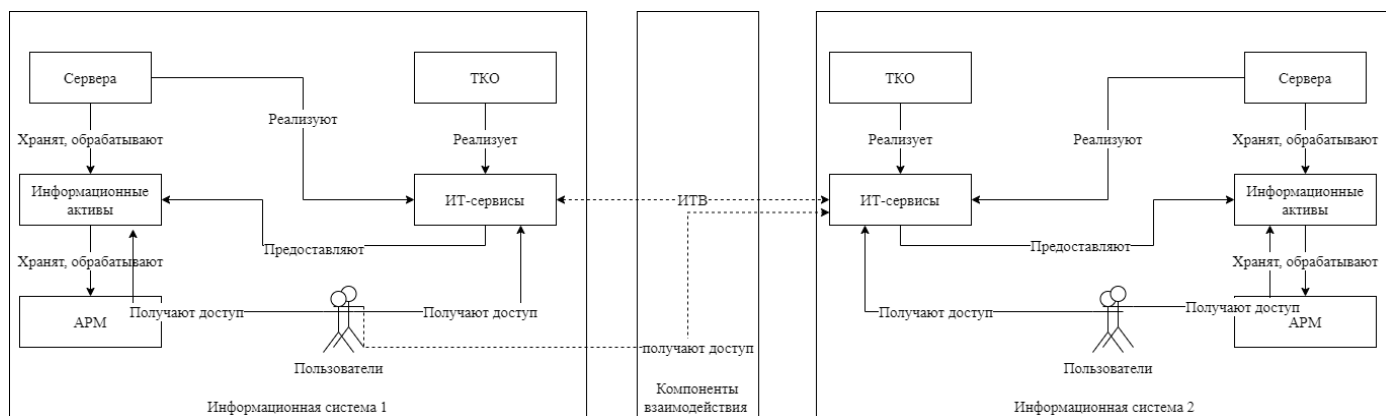


Рис. 1. Схема взаимодействия активов информационных систем при ИТВ

Для описания информационных процессов с точки зрения информационной безопасности традиционно принято использовать модель системы защиты с полным перекрытием [3], учитывающую следующие основные компоненты: «множество активов», «множество угроз» и «множество мер защиты», формирующих соответствующие механизмы безопасности.

Введём следующие обозначения: $A=\{a_j\}$ – множество активов защищаемой системы; $V=\{v_m\}$ – множество уязвимостей; $S=\{s_l\}$ – множество источников угроз, которые совместно формируют $T=\{t_i\}$ – множество угроз; $U=\{u_k\}$ – множество мер безопасности.

В случае представления всех отношений вида «угроза (T) \Leftrightarrow актив (A)» с применением двухдольного графа, механизм защиты фактически сводится к модели,

предполагающей перекрытие всех возможных рёбер этого графа путем использования элементов множества U (меры безопасности). Таким образом, для каждого отношения должно существовать не менее одной меры безопасности, защищающей актив a_j от реализации угрозы t_i .

Следует учитывать, что при реализации системы защиты информации в каждой из информационных систем в отдельности, когда приняты все защитные меры, и, следовательно, все рёбра графа перекрыты, процесс интеграции двух самостоятельных защищенных систем может привести к следующим ситуациям (в том числе симметричным для каждой из систем):

- для одной или более уязвимостей системы 1 существует не менее одного источника угроз в системе 2;

- для одной или более уязвимостей системы 1 существует не менее одного источника угрозы в компонентах взаимодействия;

- для одной или более уязвимостей в компонентах взаимодействия существует источник угрозы в системе 1;

- угрозы с учетом уязвимости формируются непосредственно в компоненте взаимодействия.

Для каждой из вновь возникающих угроз можно указать не менее одного свойства информации, на которые она потенциально может повлиять:

- целостность, заключающуюся в том, что данные не изменяются или не уничтожаются недозволенным способом;

- конфиденциальность, то есть предотвращение раскрытия информации перед посторонними лицами без разрешения ее владельца;

- доступность, то есть состояние, при котором субъекты с соответствующими правами доступа к защищаемой информации смогут беспрепятственно их реализовать.

Схематическое взаимодействие рассмотренных элементов каждой из автоматизированных систем при интеграции представлено на рис. 2 (двойной линией обозначены примеры угроз, возникающих при интеграции).

Таким образом, в процессе интеграции автоматизированных систем существует возможность появления дополнительных элементов, которые не были учтены в модели безопасности каждой из систем. В ситуациях, когда существует организационная и техническая возможность выявления и полного анализа указанных элементов модели безопасности и их взаимодействия между собой, при выборе мер защиты информации следует по аналогии механизму перекрытия, описанному выше, обеспечить реализацию защитных мер для вновь выявленных множеств уязвимостей и активов.

Однако в ряде случаев возможно внесение некоторой неопределенности в части возможного влияния вновь выявленных угроз информационной безопасности на активы каждой из систем, вследствие чего может быть затруднена реализация «общей» модели безопасности для интегрируемых систем. Более того, в ситуациях, связанных с техническими и организационными ограничениями при создании системы защиты информации в одной из систем, может быть недоступна исчерпывающая информация как об источниках угроз другой системы, так и о некоторых элементах механизма интеграции.

Отдельно следует упомянуть, что вновь выявленные угрозы и уязвимости могут при взаимодействии с уже существующими и нейтрализованными (при проведении мероприятий по защите информации в каждой из автоматизированных систем) угрозами сформировать дополнительные уязвимости следующего порядка (взаимодействие уязвимостей) [4].

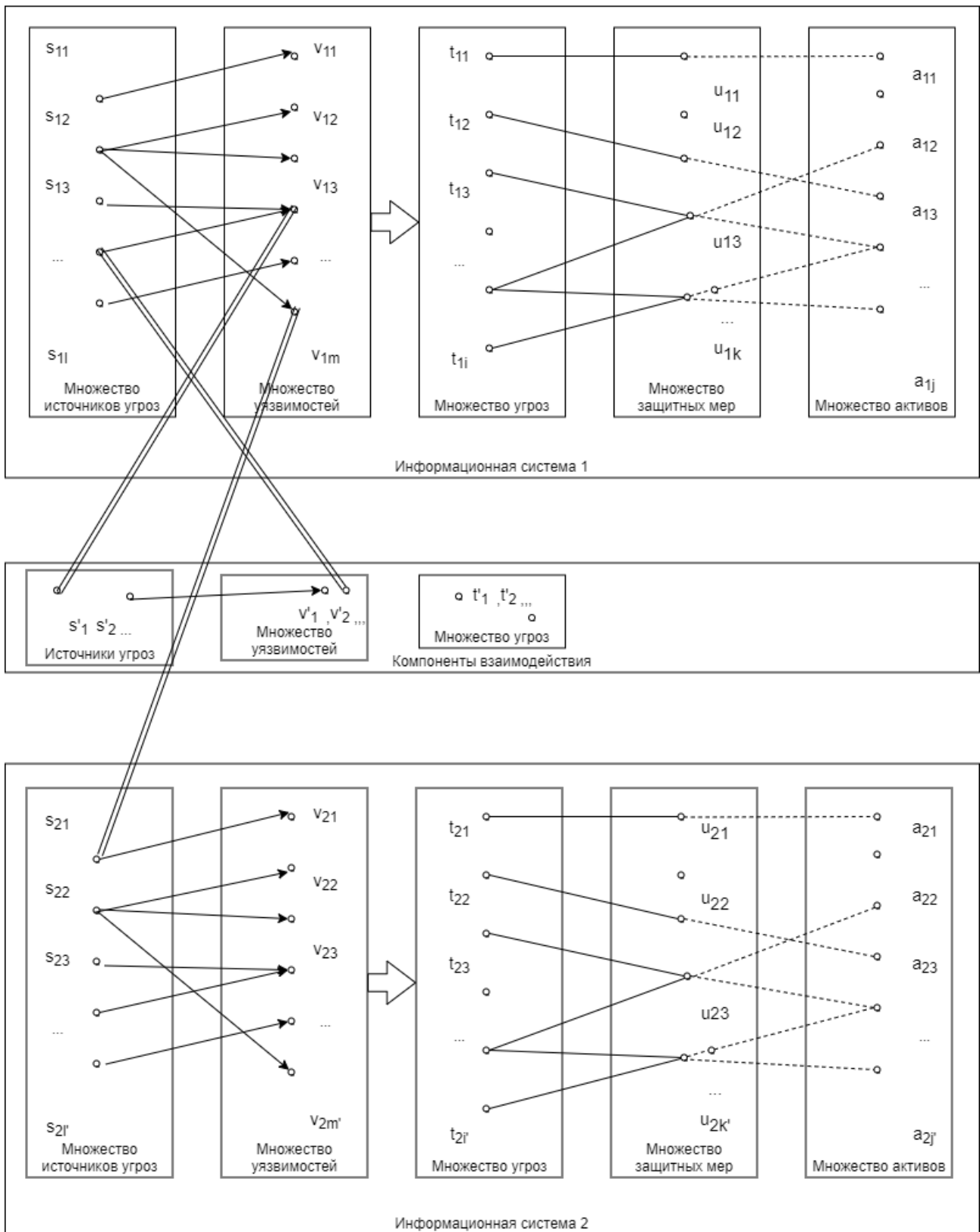


Рис. 2. Схематическое изображение возникновения новых угроз при организации ИТВ

Для описания формальной модели ИТВ автоматизированных информационных систем возможно использовать теоретико-множественный подход. Предлагаемая модель ИТВ содержит множество следующих элементов:

$$M_{ИТВ} = \{ M_{Т01}, M_{И01}, M_{П01}, M_{Ис1}, M_{Т02}, M_{И02}, M_{П02}, M_{Ис2}, M_{МВ} \},$$

где M_{TOi} – модель технического обеспечения i -й системы; $M_{ИОi}$ – модель информационного обеспечения i -й системы; $M_{ПОi}$ – модель программного обеспечения; $M_{ИСi}$ – ИТ-сервисы i -й системы; $M_{МВ}$ – модель механизмов взаимодействия.

Модель технического обеспечения при взаимодействии автоматизированных информационных систем:

$$M_{ТО} = \langle A_{ТО}, K_{АРМ}, K_{СРВ}, K_{ТКО}, G_{СТР} \rangle,$$

где $A_{ТО}$ – множество всех элементов, составляющих техническое обеспечение автоматизированной информационной системы $A_{ТО} = A_{АРМ} \cup A_{СРВ} \cup A_{ТКО}$ – соответственно, множество элементов АРМ, элементов серверов и элементов телекоммуникационного оборудования (ТКО) автоматизированной системы; $K_{АРМ} = \{(a_{АРМ}^i, \tilde{c}_{АРМ}^i, \tilde{c}_{\tilde{I}}^i, \tilde{c}_{\tilde{D}}^i)\}_{i=1}^{N_{АРМ}}$ – отношение, определяющее связь каждого из АРМ a_i с нечеткими уровнями его конфиденциальности $\tilde{c}_{АРМ}^i$, целостности $\tilde{c}_{\tilde{I}}^i$ и доступности $\tilde{c}_{\tilde{D}}^i$; $K_{СРВ} = \{(a_{СРВ}^i, \tilde{c}_{СРВ}^i, \tilde{c}_{\tilde{I}}^i, \tilde{c}_{\tilde{D}}^i)\}_{i=1}^{N_{СРВ}}$ – отношение, определяющее связь каждого из серверов a_i с нечеткими уровнями его конфиденциальности $\tilde{c}_{СРВ}^i$, целостности $\tilde{c}_{\tilde{I}}^i$ и доступности $\tilde{c}_{\tilde{D}}^i$; $K_{ТКО} = \{(a_{ТКО}^i, \tilde{c}_{\tilde{D}}^i)\}_{i=1}^{N_{ТКО}}$ – отношение, определяющее связь каждого из множества элементов ТКО a_i с нечетким уровнем его доступности $\tilde{c}_{\tilde{D}}^i$; $G_{СТР} = \langle V, E \rangle$ – граф логической структуры технического обеспечения автоматизированной информационной системы, где множество вершин V – элементы автоматизированной системы – серверы и ТКО, а E – множество ребер – кабельные линии связи (например, оптоволокно, витая пара, коаксиальный и др.).

Предложенная формализация логической структуры ИТВ автоматизированных систем в виде графа позволяет отобразить взаимодействие каждого из элементов технического обеспечения в соответствии с заданными уровнями доступности технического обеспечения и предоставляемыми ИТ-сервисами.

Модель информационного обеспечения при взаимодействии автоматизированных информационных систем учитывает взаимодействие информационных активов с учетом их уровней критичности. Следует иметь в виду, что информационные активы хранятся и обрабатываются на АРМ и серверах, а также предоставляются потребителям (в том числе внешней сопрягаемой системе) посредством ИТ-сервисов:

$$M_{ИО} = \langle A_{И}, K_{И}, A_{АС}, A_{ИТ}, R_{ИИФ}, R_{ИТС}, IP \rangle,$$

где $A_{И}$ – множество информационных активов; $K_{И} = \{(a_{И}^i, \tilde{c}_{И}^i, \tilde{c}_{\tilde{I}}^i, \tilde{c}_{\tilde{D}}^i)\}_{i=1}^{N_{И}}$ – отношение, определяющее связь каждого из информационных активов a_i с нечеткими уровнями его конфиденциальности $\tilde{c}_{И}^i$, целостности $\tilde{c}_{\tilde{I}}^i$ и доступности $\tilde{c}_{\tilde{D}}^i$; $A_{АС} = A_{АРМ} \cup A_{СРВ}$ – множество активов из состава технического обеспечения, хранящих и обрабатывающих информационные активы; $A_{ИТ}$ – множество ИТ-сервисов автоматизированной системы, участвующих в предоставлении информационных ресурсов множества $A_{И}$; $R_{ИИФ} : A_{И} \times A_{АС} \rightarrow \{0,1\}$ – отношение, отображающее участие каждого из элементов множества $A_{И}$ на множестве $A_{АС}$; $R_{ИТС} : A_{И} \times A_{ИТ} \rightarrow \{0,1\}$ – отношение, отображающее предоставление ИТ-сервисом из множества $A_{ИТ}$ информационного актива $A_{И}$; $IP = \{(a_{И}^i, a_{ИТ}^i, \{P_j^i\}_{j=1}^{NR})\}_{i=1}^{N_{ИП}}$ – информационные потоки при интеграции автоматизированных систем на графе $G_{СТР}$, где $a_{И}^i$ – информационный актив из множества $A_{И}$; где $a_{ИТ}^i$ – ИТ-сервис автоматизированной информационной системы, предоставляющий на выходе информационный актив (соответствующее значение $R_{ИТС}=1$) P_j^i – маршрут, показывающий движение информации в логической структуре автоматизированных информационных систем.

Модель ИТ-сервисов при взаимодействии автоматизированных информационных систем учитывает организацию предоставления уровней доступности для потребителей. Все

сервисы предоставляются с использованием конкретных элементов множества технического обеспечения и определяются с учетом их доступности:

$$M_{ИТС} = \langle A_{ИТС}, K_{ИТС}, G_{ИТС}, R_{ИТС} \rangle,$$

где $K_{ИТС} = \{(a_{ИТС}^i, \tilde{c} \tilde{d}_{ИТС}^i)\}_{i=1}^{N_{ИТС}}$ – отношение, определяющее связь каждого из ИТ-сервисов a_i с нечетким уровнем его доступности $\tilde{c} \tilde{d}_{ИТС}^i$; $G_{ИТС} = \langle A_{ИТС}, E_{ИТС} \rangle$ – ориентированный граф, учитывающий зависимость ИТ-сервисов с точки зрения доступности, вершины в котором – ИТ-сервисы из множества $A_{ИТС}$, при этом две вершины в нём связаны ребром, если работоспособность одного из ИТ-сервисов зависит от работоспособности другого; $R_{ИТС} : A_{ИТС} \times A_{ТО} \rightarrow \{0,1\}$ – отношение, учитывающее зависимость предоставления ИТ-сервиса конкретным элементом технического обеспечения.

Модель механизмов взаимодействия учитывает непосредственное взаимодействие элементов каждой из систем с элементами сопрягаемой системы:

$$M_{МВ} = \langle A_{МВ}, G_{МВ}, R_{МВ} \rangle,$$

где $A_{МВ} = A_{МВ1} \cup A_{МВ2}$ – множество информационных активов первой и второй систем, соответственно, непосредственно участвующих в организации ИТВ; $G_{МВ} = \langle A_{МВ}, E_{МВ} \rangle$ – ориентированный граф, учитывающий предоставление ИТ-сервисов взаимодействующими активами, при этом направление указывает фактические потоки информации; $R_{МВ} : A_{МВ} \times A_{ИТС} \rightarrow \{0,1\}$ – отношение, учитывающее предоставление активом каждой из систем внешнего ИТ-сервиса.

Таким образом, формальная модель ИТВ, учитывающая модели технического обеспечения, информационного обеспечения, модель ИТ-сервисов и модель механизмов взаимодействия отражает взаимодействие информационных активов, телекоммуникационного оборудования, серверов и АРМ, а также непосредственно ИТ-сервисов.

Для детального определения характера взаимодействия уязвимостей и угроз, возникающих в процессе интеграции автоматизированных систем, может быть применен метод экспертных оценок, в результате которого часть потенциальных уязвимостей может быть признана неэксплуатируемыми. Возможно отнесение отдельных уязвимостей к допустимым (к примеру, не повышающим уровень риска выше допустимого). Вместе с тем возможна ситуация, когда в результате такого анализа будет выявлена одна или несколько уязвимостей, для которых в соответствии с заданным уровнем защищенности потребуются обязательные для применения компенсирующие защитные меры.

Для проведения более точной и эффективной оценки степени значимости угрозы в случаях, когда недостаточно категориальных бинарных значений (есть угроза/нет угрозы), может быть использована шкала, содержащая ряд промежуточных значений. При этом допустимо применение лингвистических переменных в сочетании с нормированием полученных результатов.

Таким образом, приведенные модели в сочетании с последующим использованием метода экспертных оценок позволяют выделять вновь появляющиеся в процессе интеграции актуальные угрозы и проводить их анализ, принимая во внимание оценку относительного совокупного уровня опасности совместной эксплуатации уязвимостей уже существующих в каждой из систем, так и возникших в процессе интеграции. Выбор защитных мер и мероприятий по нейтрализации каждой из выявленных угроз может быть обоснован, исходя из их актуальности и потенциального ущерба [5].

Литература

1. Коваленко Ю.И. Защита информационных технологий: справочник. М.: Русайнс, 2016. 321 с.

2. Коваленко Ю.И., Москвитин Е.И., Тараскин М.М. Методика защиты информации в организациях: монография. М.: Русайнс, 2016. 162 с.
3. Организационно-техническое обеспечение устойчивости функционирования и безопасности сети связи общего пользования / М.В. Буйневич [и др.]. СПб.: СПбГУТ, 2013. 144 с.
4. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Антропоморфический подход к описанию взаимодействия уязвимостей в программном коде. Ч. 1: Типы взаимодействий // Защита информации. Инсайд. 2019. № 5 (89). С. 78–85.
5. Основы управления информационной безопасностью: учеб. пособие для вузов / А.П. Курило [и др.]. М.: Горячая линия – Телеком, 2013. 244 с.

References

1. Kovalenko Yu.I. Zashchita informacionnyh tekhnologij: spravochnik. M.: Rusajns, 2016. 321 s.
2. Kovalenko Yu.I., Moskvitin E.I., Taraskin M.M. Metodika zashchity informacii v organizacijah: monografiya. M.: Rusajns, 2016. 162 s.
3. Organizacionno-tekhnicheskoe obespechenie ustojchivosti funkcionirovaniya i bezopasnosti seti svyazi obshchego pol'zovaniya / M.V. Bujnevich [i dr.]. SPb.: SPbGUT, 2013. 144 s.
4. Bujnevich M.V., Izrailov K.E. Antropomorficheskij podhod k opisaniyu vzaimodejstviya uyazvimostej v programmnom kode. Ch. 1: Tipy vzaimodejstvij // Zashchita informacii. Insajd. 2019. № 5 (89). С. 78–85.
5. Osnovy upravleniya informacionnoj bezopasnost'yu: ucheb. posobie dlya vuzov / A.P. Kurilo [i dr.]. M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2013. 244 s.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.

ЧАСТЬ 1. МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Д.В. Буйневич.

Правительство Санкт-Петербурга.

А.В. Матвеев, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.В. Покусов.

Казахстанская ассоциация информационной безопасности

Предлагается способ визуализации базисных элементов (модулей) модели взаимодействий информационных систем, синтезированной в предыдущих исследованиях авторов. В качестве примера применимости визуализации моделируется сценарий работы гипотетической информационной системы электронного каталога, позволяющего добавлять записи в базу данных администратором и осуществлять их поиск пользователем. Моделирование производится для трех типов архитектуры информационной системы с различной инфологией взаимодействий: централизованной, децентрализованной и монолитной. На основании визуального анализа схем делается ряд выводов касательно группирования модулей и тенденции количества информационных взаимодействий, которые могут быть учтены при проектировании информационных систем.

Ключевые слова: информационная система, информационно-техническое взаимодействие, базисный элемент, архитектура, моделирование информационных систем, визуальный анализ

METHOD FOR EVALUATING OF INFORMATION AND TECHNICAL INTERACTION. PART 1. MODELS OF INFORMATION SYSTEMS

D.V. Buinevich. Government of Saint-Petersburg.

A.V. Matveev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.V. Pokusov. Kazakhstan information security association

The article proposes a way to visualize the basic elements (modules) of the model of interactions of information systems, synthesized in previous studies of the authors. As an example of the applicability of visualization, the scenario of a hypothetical information system of an electronic catalog is simulated, which allows the administrator to add entries to the database and search for them by the user. Modeling is carried out for three types of information system architecture with different interaction infology: centralized, decentralized and monolithic. Based on the visual analysis of the schemes, a number of conclusions are made regarding the grouping of modules and the trends in the number of information interactions that can be taken into account when designing information systems.

Keywords: information system, information and technical interaction, basic element, architecture, modeling of information systems, visual analysis

В условиях идущего процесса информатизации актуальной задачей становится оценка и сравнение информационных систем (ИС) еще на этапе их проектирования, а не уже в процессе непосредственной эксплуатации (поскольку исправление не выявленных в архитектуре уязвимостей является актуальнейшей проблемой [1–3]). При этом оценивать

необходимо не только состав или строение самой системы, а также и информационно-техническое взаимодействия ее элементов (включая достаточно нетривиальные [4–7]), существенно влияющие на различные показатели (например, безопасность). Значительные различия масштабов таких систем и разнородность входящих в них компонент поставили перед авторами задачу по созданию обобщенной модели информационно-технического взаимодействия всего множества ИС, по которой возможно было бы вычислять единым образом необходимые метрики оценок. Для этого был применен подход категориального деления, позволивший выделить набор информационных модулей (модули), необходимых и достаточных для моделирования таких взаимодействий. Тем не менее для практического использования результатов (в том числе и при вычислении метрик оценки, например, субъективным методом) необходимо унифицированное представление модели информационно-технического взаимодействия ИС, одинаково интерпретируемое всеми экспертами. Такой авторской визуализации модулей, а также моделированию с их помощью взаимодействий ИС различных типов и посвящена первая часть цикла из двух статей.

Модули ИС

В результате применения подхода категориального деления (хорошо себя зарекомендовавшего во многих сферах, включая информационную безопасность [8, 9]) на категориальные пары – Keeping/Processing (*от рус.* хранение/обработка), Analysis/Synthesis (*от рус.* анализ/синтез), Interior/Exterior (*от рус.* внутренний/внешний) – было получено восемь модулей, соответствующих различным комбинациям элементов категориальных пар и интерпретируемых для ИС следующим образом [10]: КАИ (Keeping vs Analysis vs Interior) – загрузка информации из собственной базы данных (БД) ИС, КАЕ (Keeping vs Analysis vs Exterior) – получение информации из сторонней БД в ИС, КСИ (Keeping vs Synthesis vs Interior) – сохранение информации в собственную БД ИС, КСЕ (Keeping vs Synthesis vs Exterior) – отправка информации в стороннюю БД из ИС, РАИ (Processing vs Analysis vs Interior) – сбор и подготовка информации по решаемой ИС задаче, РАЕ (Processing vs Analysis vs Exterior) – ввод условий задачи в ИС, ПСИ (Processing vs Synthesis vs Interior) – вычисление результатов решения задачи ИС, ПСЕ (Processing vs Synthesis vs Exterior) – вывод результатов решения задачи из ИС. Логика взаимодействия модулей вытекает из их интерпретации и будет описана далее.

Визуализация модулей

Приведем графическую схему информационного взаимодействия модулей для одной (по назначению) ИС, но для трех ее архитектурных реализаций; схема построена на базе предложенной авторской модели взаимодействий в ИС, а также развивая примененный ранее способ визуализации модулей системы обеспечения информационной безопасности [11]. Для отображения на схеме модулей будем использовать следующие графические обозначения, систематизированные согласно восьми комбинациям категорий (как показано на рис. 1).

Стрелки для каждого модуля на рис. 1 соответствуют возможным информационным взаимодействиям с ним (как в одну, так и в другую сторону) – то есть информационным потокам, и обосновываются следующей логикой.

РАИ и ПСИ являются основными в логике работы ИС и отвечают за анализ и синтез; каждый из них должен обрабатывать информацию и поэтому имеет по входящему и выходящему потокам.

КАИ осуществляет загрузку информации из собственной БД, а КСИ – ее сохранение в собственную БД, и, следовательно, они имеют только по одному потоку. Первый модуль имеет только исходящее взаимодействие с некоторым модулем, которому он передает загруженную информацию. Второй модуль имеет только входящее взаимодействие от некоторого модуля, по которому он получает информацию для сохранения. Модули можно интерпретировать как интерфейсные для работы с собственной БД.

КАЕ и КСЕ отвечают за синхронизацию собственной БД со сторонними (через их подсистемы) [12] и получают информационный поток из внешней среды или же транслируют его во внешнюю среду. По аналогии с КАИ и КСИ, модули имеют также только исходящие и входящие потоки, поскольку остальные их взаимодействия расположены во внешней среде и для представления ИС не используются. Модули можно интерпретировать как интерфейсные для работы со сторонними БД.

РАЕ и РСЕ предоставляют интерфейс для ввода условий в систему и вывода результата, и поэтому с ними связано по одному информационному потоку; остальные, физически существующие взаимодействия, находятся вне ИС и не используются. Модули можно интерпретировать как интерфейсные для работы с внешней средой.

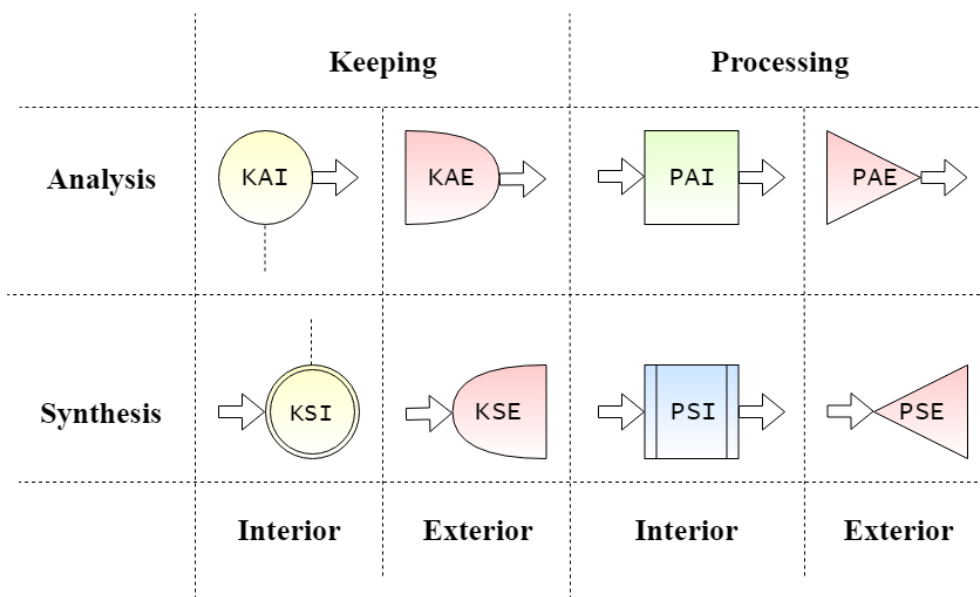


Рис. 1. Графическое представление модулей ИС

Таким образом, в общем смысле, каждый модуль имеет как входные, так и выходные информационные потоки. Однако взаимодействия, происходящие вне ИС, в предлагаемом представлении никак не отражаются.

Пунктирная линия у КАИ и КСИ подчеркивает то, что они, по сути, предоставляют функционал по загрузке и сохранению информации для одной и той же собственной БД. Необходимо отметить, что для нетривиальных архитектур один модуль может иметь сразу множество связей с другими модулями (например, информация из собственной БД через КАИ может быть запрошена сразу несколькими модулями РАИ для анализа); в этом случае информационные потоки могут разветвляться (естественно, без нарушения приведенной ранее логики).

Использование графического представления модулей позволяет визуализировать архитектуру ИС с позиции именно происходящих в ней информационных взаимодействий, что отличается от альтернативных способов [13].

Типовые сценарии гипотетической ИС

Рассмотрим ИС, представляющую собой некий электронный каталог, позволяющий как добавлять идентифицированные записи в БД, так и производить их поиск [14]. При этом какой-либо конкретный смысл идентификаторов и записей не принципиален – например, это может быть книжный каталог, обновляемый библиотекарем и предоставляющий читателю текст книги (запись) по названию (идентификатору). Всех субъектов, использующих ИС,

разделим на две группы: пользователи – делающие запросы к системе для поиска записи, и администраторы – вносящие данные о записях и их идентификационную информацию.

Предложим следующие два типовых сценария обслуживания ИС каждого из субъектов с указанием используемых для этого типов модулей. Будем считать, что список записей в ИС представляет собой «хэш-таблицу» (упорядоченную совокупность пар «(ключ, значение)»), обеспечивая тем самым высокую скорость выполнения операций.

Сценарий 1. ИС осуществляет поиск записи по запросу пользователя, что предполагает следующую последовательность действий:

- от пользователя получается запрос на получение записи по идентификатору (PAE);
- вычисляется ключ идентификатора (PAI);
- загружается список записей из собственной БД (KAI);
- подготавливается список записей для поиска (PAI);
- находится нужная запись в списке по ключу (PSI);
- пользователю возвращается запись (PSE).

Сценарий 2. ИС осуществляет добавление идентифицированной записи по запросу администратора, что предполагает следующую последовательность действий:

- от администратора получается запрос на добавление идентифицированной записи (PAE);
- создается элемент хэш-таблицы с записью (PAI);
- запрашивается список записей из собственной БД (KAI);
- подготавливается список записей для обновления (PAI);
- добавляется новая запись в список по элементу хэш-таблицы (PSI);
- сохраняется измененный список в собственную БД (KSI).

Если для взаимодействия с пользователями и администраторами в ИС выделены отдельные подсистемы, то понадобится синхронизация их БД (KAE, KSE).

В качестве реализации возьмем следующие архитектуры подсистем ИС: централизованную, децентрализованную [15] и монолитную, отличающиеся инфологией взаимодействия ее подсистем. Они соответствуют частным моделям информационных взаимодействий в ИС и будут рассмотрены далее.

Централизованная ИС

Особенностью централизованной ИС будет наличие выделенной подсистемы для реализации основного функционала по работе с информацией. Остальные же подсистемы будут обслуживать пользователей и администраторов. Целью создания этой выделенной подсистемы будет полное управление работой с записями в собственной БД, а остальных – обработка запросов от субъектов. Схема взаимодействий в централизованной ИС представлена на рис. 2.

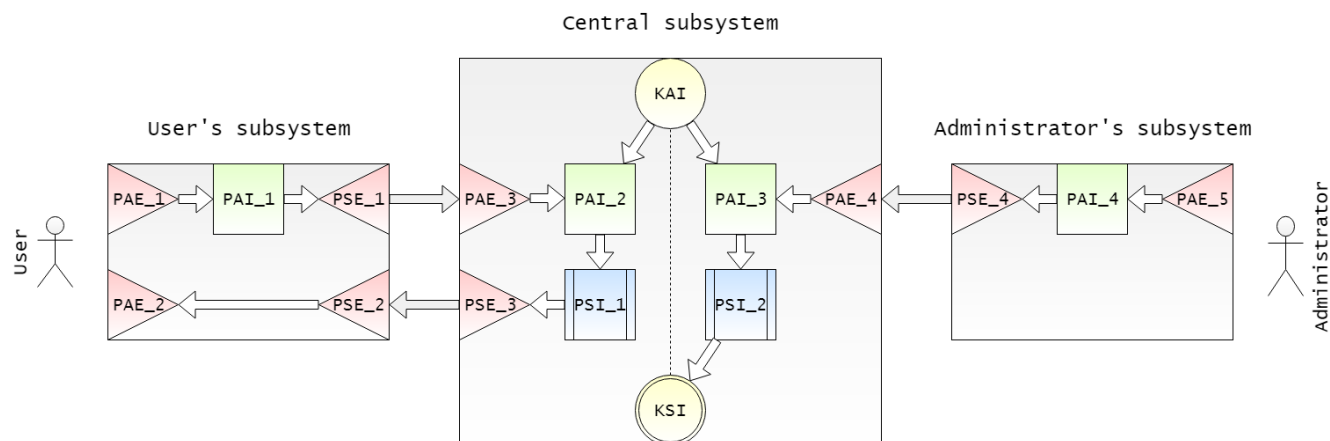


Рис. 2. Схема взаимодействий в централизованной ИС

Соответственно, на схеме (рис. 2) присутствуют три подсистемы, обеспечивающие работу пользователя (*User's sub system*), администратора (*Administrator's subsystem*) и связывающего их центрального блока с БД (*Central subsystem*).

Схема работы централизованной ИС следующая. Администратор добавляет (PAE_5) идентифицированную запись через свою подсистему, которая хэширует (PAI_4) ее и передает (PSE_4) в центральную подсистему. Последняя получает такую запись в виде элемента хэш-таблицы через интерфейс (PAE_4), подготавливает (PAI_3) для обновления список записей, полученный (KAI) из собственной БД, и производит (PSI_2) добавление новой записи, занося (KSI) результат обратно в собственную БД. Пользователь запрашивает (PAE_1) запись по идентификатору через свою подсистему, которая определяет (PAI_1) его ключ и передает (PSE_1) в центральную подсистему; получив (PAE_2) затем в ответ нужную запись и вернув (PSE_2) ее пользователю. Центральная подсистема в этом случае получив (PAE_3) ключ, подготавливает (PAI_2) для поиска список записей, полученный (KAI_1) из собственной БД, и производит (PSI_1) поиск запрашиваемой записи, возвращая (PSE_3) ее в подсистему пользователя.

Децентрализованная ИС

Особенностью децентрализованной ИС будет наличие выделенной для каждого из субъектов отдельной полноценной подсистемы. При этом подсистемы пользователя и администратора будут равноправными, а их собственные БД должны периодически синхронизоваться. Целью первой подсистемы будет поиск записей в собственной БД, а второй – занесение записей в собственную БД. Схема информационных взаимодействий в децентрализованной ИС представлена на рис. 3.

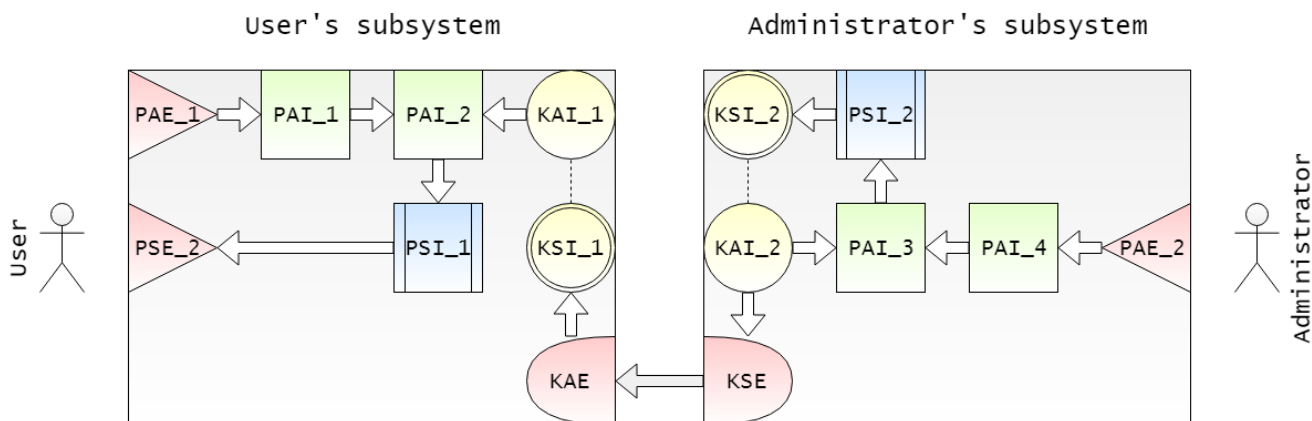


Рис. 3. Схема взаимодействий в децентрализованной ИС

Соответственно, на схеме (рис. 3) присутствуют две подсистемы, обеспечивающие работу пользователя и администратора, которые содержат собственные БД.

Схема работы децентрализованной ИС следующая. Администратор добавляет (PAE_2) идентифицированную запись через свою подсистему, которая хэширует (PAI_4) ее и подготавливает (PAI_3) для обновления список записей, полученный (KAI_2) из собственной БД, и производит (PSI_2) добавление новой записи, занося (KSI_2) результат обратно в собственную БД. Пользователь запрашивает (PAE_1) запись по идентификатору через свою подсистему, которая определяет (PAI_1) его ключ, подготавливает (PAI_2) для поиска список записей, полученный (KAI_1) из собственной БД, и производит (PSI_1) поиск запрашиваемой записи, возвращая (PSE_2) ее пользователю. Поскольку в обеих подсистемах есть собственные БД, то необходимо их синхронизовать; в данном случае под этим понимается обновление списка записей в подсистеме пользователя (с помощью KSI_1 через KAE) по записям, сделанным администратором (с помощью KAI_2 через KSE).

Монолитная ИС

Особенностью монолитной ИС будет размещение всего функционала для информационных взаимодействий в одной подсистеме (название не совсем корректно для случая всего одной подсистемы и используется по аналогии с другими архитектурными схемами, содержащими несколько подсистем). Таким образом, пользователи и администраторы будут работать с информацией посредством общей подсистемы; логикой ее работы будет полноценное обслуживание и реализация всех запросов от субъектов. Схема информационных взаимодействий в монолитной ИС представлена на рис. 4.

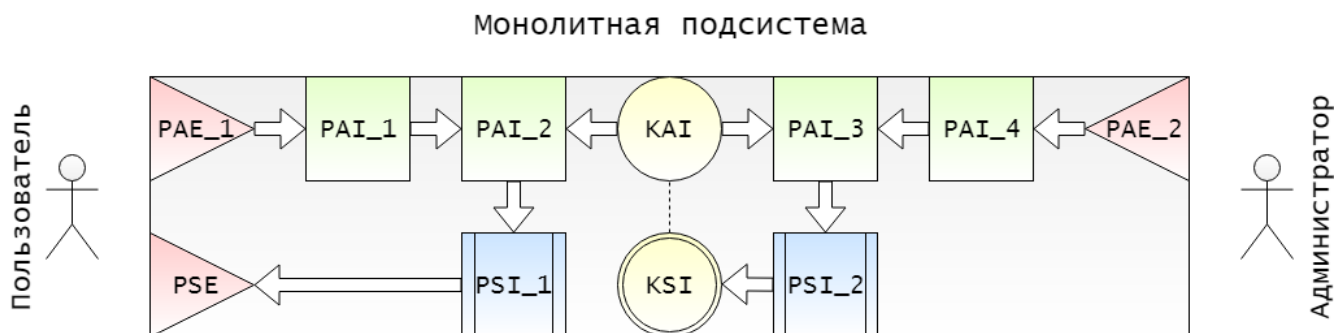


Рис. 4. Схема взаимодействий в монолитной ИС

Соответственно, на схеме (рис. 4) присутствует одна подсистема, обеспечивающая работу как пользователя, так и администратора, содержа при этом саму БД.

Схема работы монолитной ИС следующая. Администратор добавляет (PAE_2) идентифицированную запись через подсистему, которая хэширует (PAI_4) ее и подготавливает (PAI_3) для обновления список записей, полученный (KAI) из собственной БД, и производит (PSI_2) добавление новой записи, заноса (KSI) результат обратно в собственную БД. Пользователь запрашивает (PAE_1) запись по идентификатору через подсистему, которая определяет (PAI_1) его ключ, подготавливает (PAI_2) для поиска список записей, полученный (KAI_1) из собственной БД, и производит (PSI_1) поиск запрашиваемой записи, возвращая (PSE) ее пользователю.

Как хорошо видно на схемах информационных взаимодействий, централизованная ИС имеет меньшее количество модулей в каждой подсистеме за счет деления на подсистемы, в монолитной же все модули собраны в одной подсистеме; децентрализованную ИС с этой позиции можно считать промежуточной между ними. Также, по мере продвижения от децентрализации к монолитности, количество информационных взаимодействий между подсистемами уменьшилось с трех до нуля. Таким образом, при проектировании ИС в зависимости от предъявляемых требований может быть выбрана та или иная архитектурная схема.

Предложенная визуализация модулей позволяет не только наглядно представлять схемы информационных взаимодействий в ИС, но и учитывать особенности реализации каждой из них; например, централизацию, децентрализацию или монолитность архитектуры. При этом целевая функция системы принципиального значения не имеет – ее взаимодействия будут моделироваться на едином базисе (из восьми модулей). Таким образом, можно утверждать, что полученная в результате применения категориального деления обобщенная модель является как адекватной – учитывающей их важные качества и характеристики, так и универсальной – применимой к ряду однотипных ИС. Продолжение работы лежит в области метрик, вычисляемых по данной модели (аналогичных для применяемых авторами к системам обеспечения информационной безопасности [16, 17]), а также позволяющих оценивать и сравнивать взаимодействия компонентов ИС (включая облачную среду [18] и интерфейсы взаимодействия с пользователем [19, 20]). Все это будет представлено во второй части данного цикла статей.

Литература

1. Архитектурные уязвимости моделей телекоммуникационных сетей / М.В. Буйневич [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 86–93.
2. Израилов К.Е. Архитектурные уязвимости программного обеспечения // Шестой научный конгресс студентов и аспирантов СПбГИЭУ (ИНЖЭКОН-2013): сб. тезисов докладов Науч.-практ. конф. фак-та информ. систем и экономики. 2013. С. 35.
3. Стюгин М.А., Золотарев В.В., Паротькин Н.Ю. Подход к защите информационных систем от уязвимостей, не выявленных на стадии проектирования системы // Информационные технологии. 2018. Т. 24. № 9. С. 594–600.
4. Покусов В.В. Синергетические эффекты взаимодействия модулей системы обеспечения информационной безопасности // Информатизация и связь. 2018. № 3. С. 61–67.
5. Покусов В.В. Особенности взаимодействия служб обеспечения функционирования информационной системы // Информатизация и связь. 2018. № 5. С. 51–56.
6. Буйневич М.В., Покусов В.В., Израилов К.Е. Эффекты взаимодействия обеспечивающих служб предприятия информационного сервиса (на примере службы пожарной безопасности) // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 48–54.
7. Израилов К.Е., Покусов В.В. Актуальные вопросы взаимодействия элементов комплексных систем защиты информации // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017): сб. науч. статей VI Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2017. С. 255–260.
8. Категориальный подход в приложении к синтезу архитектуры интегрированной системы обеспечения безопасности информации / М.В. Буйневич [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (44). С. 95–102.
9. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Категориальный синтез и технологический анализ вариантов безопасного импортозамещения программного обеспечения телекоммуникационных устройств // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 3. С. 95–106.
10. Buinevich M., Izrailov K., Pokusov V., Sharapov S., Terekhin S. Generalized Interaction Model In The Information System // International Journal of Pure and Applied Mathematics (IJRAM-AP). 2018. Vol. 119. Iss. 17d. pp. 1381–1384.
11. Буйневич М.В., Израилов К.Е., Покусов В.В. Способ визуализации модулей системы обеспечения информационной безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 81–91.
12. Синхронизация распределенных баз данных. Ч. 5: Синхронизация в защищенных сетях / А.В. Бондаренко // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2007. № 11 (41). С. 26–29.
13. Denford M., O'Neill T., Leaney J. Architecture-based visualisation of computer based systems // Proceedings Ninth Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems. 2020. pp. 139–146.
14. Lee S., Wu C., Kim K., Kim D., Shin W. Digital catalog library: a shared repository of online catalogs for electronic commerce // Proceedings of International Workshop on Advance Issues of E-Commerce and Web-Based Information Systems. 1999. pp. 84–86.
15. Pasupulati R., Shropshire J. Analysis of centralized and decentralized cloud architectures // SoutheastCon. 2016. pp. 1–7.
16. Покусов В.В. Оценка эффективности системы обеспечения ИБ. Ч. 1: Показатели и модели представления // Защита информации. Инсайд. 2019. № 2 (86). С. 54–60.
17. Покусов В.В. Оценка эффективности системы обеспечения ИБ. Ч. 2: Методика и результаты // Защита информации. Инсайд. 2019. № 3 (87). С. 64–72.
18. Mescheryakov S., Shchemelinin D., Izrailov K., Pokusov V. Digital cloud environment: present challenges and future forecast // Future Internet. 2020. Vol. 12. Iss. 5. P. 82.

19. Ахунова Д.Г., Вострых А.В., Курта П.А. Оценка пользовательского интерфейса информационных систем посредством моделей качества программного обеспечения // Информатизация и связь. 2020. № 2. С. 127–135.

20. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019): сб. науч. статей VIII Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2019. С. 179–185.

References

1. Arhitekturnye uyazvimosti modelej telekommunikacionnyh setej / M.V. Bujnevich [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 86–93.

2. Izrailov K.E. Arhitekturnye uyazvimosti programmogo obespecheniya // Shestoj nauchnyj kongress studentov i aspirantov SPbGIEU (INZHEKON-2013): sb. tezisov dokladov Nauch.-prakt. konf. fak-ta inform. sistem i ekonomiki. 2013. S. 35.

3. Styugin M.A., Zolotarev V.V., Parot'kin N.Yu. Podhod k zashchite informacionnyh sistem ot uyazvimostej, ne vyyavlennyh na stadii proektirovaniya sistemy // Informacionnye tekhnologii. 2018. T. 24. № 9. S. 594–600.

4. Pokusov V.V. Sinergeticheskie efekty vzaimodejstviya modulej sistemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 3. S. 61–67.

5. Pokusov V.V. Osobennosti vzaimodejstviya sluzhb obespecheniya funkcionirovaniya informacionnoj sistemy // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 5. С. 51–56.

6. Bujnevich M.V., Pokusov V.V., Izrailov K.E. Effekty vzaimodejstviya obespechivayushchih sluzhb predpriyatiya informacionnogo servisa (na primere sluzhby pozharnoj bezopasnosti) // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 4. S. 48–54.

7. Izrailov K.E., Pokusov V.V. Aktual'nye voprosy vzaimodejstviya elementov kompleksnyh sistem zashchity informacii // Aktual'nye problemy infotелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017): sb. nauch. statej VI Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. 2017. S. 255–260.

8. Kategorial'nyj podhod v prilozhenii k sintezu arhitektury integrirovannoj sistemy obespecheniya bezopasnosti informacii / M.V. Bujnevich [i dr.] // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 4 (44). S. 95–102.

9. Bujnevich M.V., Izrailov K.E. Kategorial'nyj sintez i tekhnologicheskij analiz variantov bezopasnogo importozameshcheniya programmogo obespecheniya telekommunikacionnyh ustrojstv // Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii. 2016. T. 4. № 3. S. 95–106.

10. Buinevich M., Izrailov K., Pokusov V., Sharapov S., Terekhin S. Generalized Interaction Model In The Information System // International Journal of Pure and Applied Mathematics (IJPAM-AP). 2018. Vol. 119. Iss. 17d. pp. 1381–1384.

11. Bujnevich M.V., Izrailov K.E., Pokusov V.V. Sposob vizualizacii modulej sistemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 81–91.

12. Sinhronizaciya raspredelennyh baz dannyh. Ch. 5: Sinhronizaciya v zashchishchennyh setyah / A.V. Bondarenko // Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tekhnologij. 2007. № 11 (41). S. 26–29.

13. Denford M., O'Neill T., Leaney J. Architecture-based visualisation of computer based systems // Proceedings Ninth Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems. 2020. pp. 139–146.

14. Lee S., Wu C., Kim K., Kim D., Shin W. Digital catalog library: a shared repository of online catalogs for electronic commerce // Proceedings of International Workshop on Advance Issues of E-Commerce and Web-Based Information Systems. 1999. pp. 84–86.

15. Pasupulati R., Shropshire J. Analysis of centralized and decentralized cloud architectures // SoutheastCon. 2016. pp. 1–7.
16. Pokusov V.V. Ocenka effektivnosti sistemy obespecheniya IB. Ch. 1: Pokazateli i modeli predstavleniya // Zashchita informacii. Insajd. 2019. № 2 (86). С. 54–60.
17. Pokusov V.V. Ocenka effektivnosti sistemy obespecheniya IB. Ch. 2: Metodika i rezul'taty // Zashchita informacii. Insajd. 2019. № 3 (87). С. 64–72.
18. Mescheryakov S., Shchemelinin D., Izrailov K., Pokusov V. Digital cloud environment: present challenges and future forecast // Future Internet. 2020. Vol. 12. Iss. 5. P. 82.
19. Ahunova D.G., Vostryh A.V., Kurta P.A. Ocenka pol'zovatel'skogo interfejsa informacionnyh sistem posredstvom modelej kachestva programmnoho obespecheniya // Informatizaciya i svyaz'. 2020. № 2. S. 127–135.
20. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2019): sb. nauch. statej VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. 2019. S. 179–185.

УДК 614.8.008

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Н.В. Остудин, кандидат технических наук.

Центральный аппарат МЧС России.

С.Ю. Бутузов, доктор технических наук, доцент.

Академия ГПС МЧС России

Предложен подход к формированию комплексного анализа рисков возникновения природных пожаров на основе данных дистанционного зондирования Земли путём анализа атрибутов термических аномалий. Полученный показатель риска характеризует вероятность перехода опасных факторов термических аномалий на населенный пункт.

Ключевые слова: анализ рисков, системный анализ, дистанционное зондирование Земли, система космического мониторинга

METHODOLOGICAL BASIS FOR ANALYZING THE RISKS OF WILDFIRES BASED ON SPACE MONITORING DATA

N.V. Ostudin. Central office of EMERCOM of Russia.

S.Yu. Butuzov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The article proposes an approach to the formation of a comprehensive analysis of the risks of wildfires based on remote sensing data. By analyzing the attributes of thermal anomalies. The resulting risk indicator characterizes the probability of transition of dangerous factors of thermal anomalies to the locality.

Keywords: risk analysis, system analysis, remote sensing of the Earth, space monitoring system

Система космического мониторинга (СКМ) чрезвычайных ситуаций (ЧС) МЧС России – одна из мониторинговых систем, особенно эффективно применяемая в оперативной деятельности МЧС России. СКМ ЧС предназначена для обеспечения органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС федерального и территориального уровней оперативной информацией о состоянии территорий, находящихся в зонах повышенного риска возникновения ЧС, фактах возникновения ЧС, параметрах обстановки в районах ЧС и динамики ее дальнейшего развития.

В настоящее время в составе СКМ ЧС функционируют шесть комплексов приёма и обработки космической информации, расположенных в городах: Москва, Красноярск, Владивосток, Вологда, Дудинка и Мурманск. Расположение станций является оптимальным по покрытию территории Российской Федерации, за исключением части Арктической зоны.

В СКМ МЧС России используются данные дистанционного зондирования Земли с 10 отечественных космических аппаратов и с восьми зарубежных (из них семь оптических и один радиолокационный).

На основе получаемой информации проводится мониторинг ЧС, моделирование развития последствий [1], и результаты проведённой работы оперативно доводятся до территориальных органов МЧС России, что в большинстве случаев позволяет своевременно принимать необходимые меры.

Возможности космического мониторинга позволяют широко использовать полученную информацию для:

- мониторинга паводковой обстановки и природных пожаров;
- уточнения обстановки в районах ЧС;
- оценки масштабов аварийных разливов нефтепродуктов;
- оценки состояния потенциально опасных объектов и территорий, находящихся в зонах повышенного риска возникновения ЧС;
- поиска «аварийных» объектов в труднодоступной местности.

С помощью космической информации осуществляется ежедневное уточнение масштабов и динамики развития ЧС, что позволяет своевременно принимать меры, направленные на недопущение человеческих жертв и материального ущерба.

Одной из главных задач СКМ МЧС России является прием, получение и обработка данных о термических аномалиях на территории Российской Федерации.

Применение современных информационных технологий позволило МЧС России разработать мобильное приложение «Термические точки». Особенность разработанного приложения заключается в совершенствовании принципов прохождения информации о термических точках и доведения данных до соответствующих должностных лиц. Данные о термических точках отображаются в мобильном приложении и портале в режиме онлайн, что существенно повышает оперативность любой работы с термическими точками пользователям, являющимся потребителями данного ресурса (рис. 1).

Для принятия эффективного решения по анализу рисков перехода опасных факторов термических точек в виде природных пожаров на населенный пункт необходим детальный анализ показателей, влияющих на ухудшение обстановки. Природные пожары, приводящие к возгоранию населенных пунктов, влекут значительный материальный ущерб, угрозу жизни и здоровью людей.

Для выявления факторов, влияющих на возникновение природных пожаров, приводящих к угрозе возгорания населенных пунктов, был проведен анализ статистических данных о 16 природных пожарах, произошедших в 2012–2017 гг. в Сибирском, Дальневосточном и Уральском округах.

Наиболее крупными природными лесными пожарами, которые привели к возгораниям населенных пунктов, были следующие.

Пожар, произошедший 28 апреля 2017 г. в районе д. Ухтуй Зиминского района, привел к полному уничтожению деревни.

На рис. 2 показаны графики изменения температуры воздуха (°С) и скорости ветра (м/с) в районе д. Ухтуй Зиминского района за период 1–28 апреля 2017 г.

Анализ изменения температуры воздуха и скорости ветра в период с 1–28 апреля 2017 г. показал, что температура воздуха в этот период колебалась от 0 °С 1 апреля до 16 °С 23 апреля, и не могла привести к возникновению пожароопасной обстановки. Возгорание же в районе д. Ухтуй Зиминского района 28 апреля произошло из-за резкого усиления северо-западного ветра, способствовавшего быстрому распространению природного лесного пожара, находившегося 26–27 апреля в 11 км от пострадавшей деревни в районе населенного пункта Перевоз. В результате пожара сгорело 60 % домов.

13 апреля 2015 г. от природного лесного пожара пострадал населенный пункт Лесной городок Читинского района.

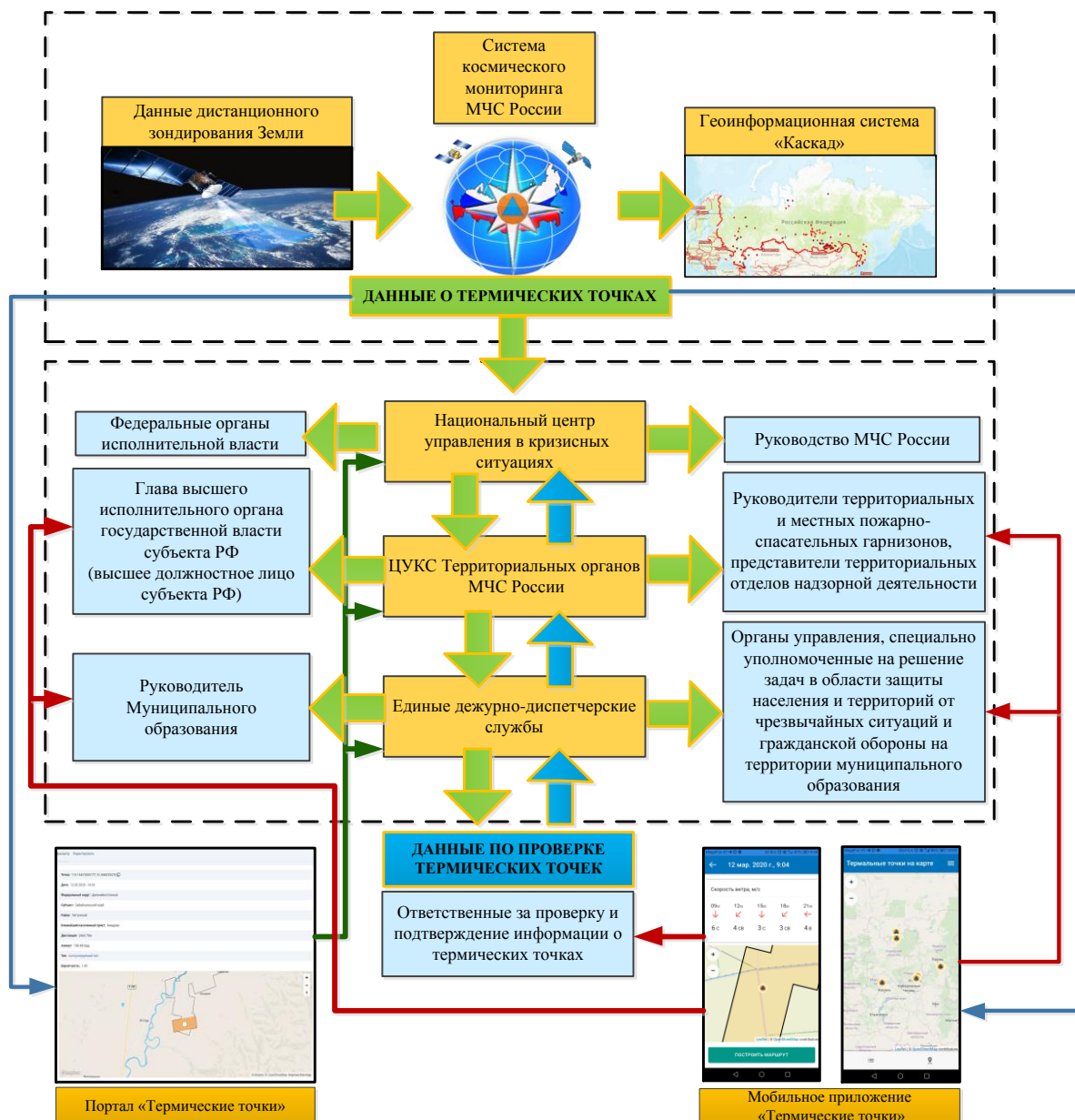


Рис. 1. Схема прохождения информации о термических точках (ЦУКС – центр управления в кризисных ситуациях)

На рис. 3 показаны графики изменения температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) и скорости ветра (м/с) в районе населенного пункта Лесной городок Читинского района за период 16 марта–13 апреля 2015 г.

Анализ изменения температуры воздуха и скорости ветра в период 16 марта–13 апреля 2015 г. показал, что температура воздуха в этот период колебалась от -7°C 21 марта до 12°C 26 марта и не могла привести к возникновению пожароопасной обстановки. 13 апреля произошло резкое увеличение северо-западного ветра с 3 до 21 м/с, что привело к стремительному распространению природного лесного пожара от очага возгорания, находившегося на расстоянии 6,1 км от поселка Красная речка Улетовского района, и возникновению пожара в районе населенного пункта Лесной городок.

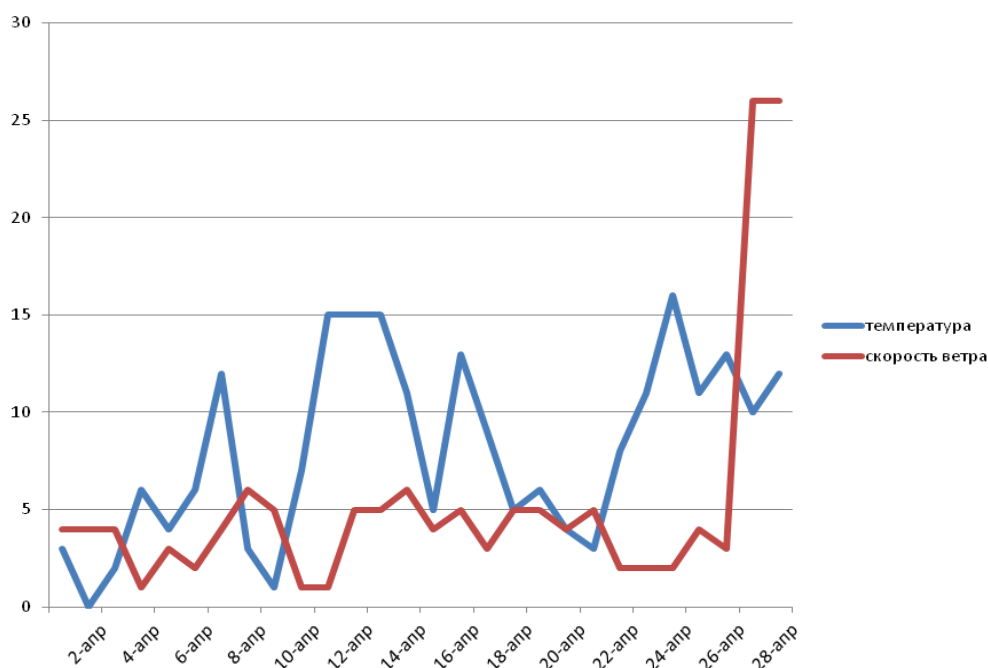


Рис. 2. График изменения температуры и скорости ветра

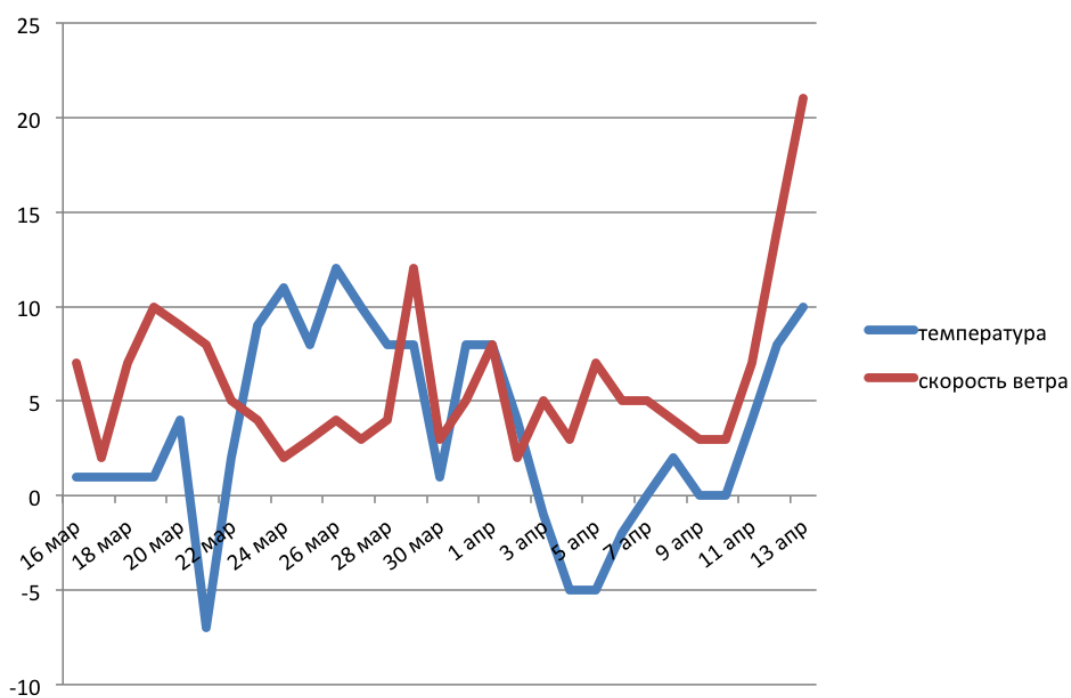


Рис. 3. Графики изменения температуры воздуха (°C) и скорости ветра (м/с)

Еще одним крупным природным лесным пожаром был пожар в населенном пункте Саянский. В результате пожара пострадал склад боеприпасов, находившийся неподалеку от населенного пункта.

На рис. 4 показаны графики изменения температуры воздуха (°C) и скорости ветра (м/с) в районе населенного пункта Саянский Саянского района за период 1 марта–28 апреля 2017 г.

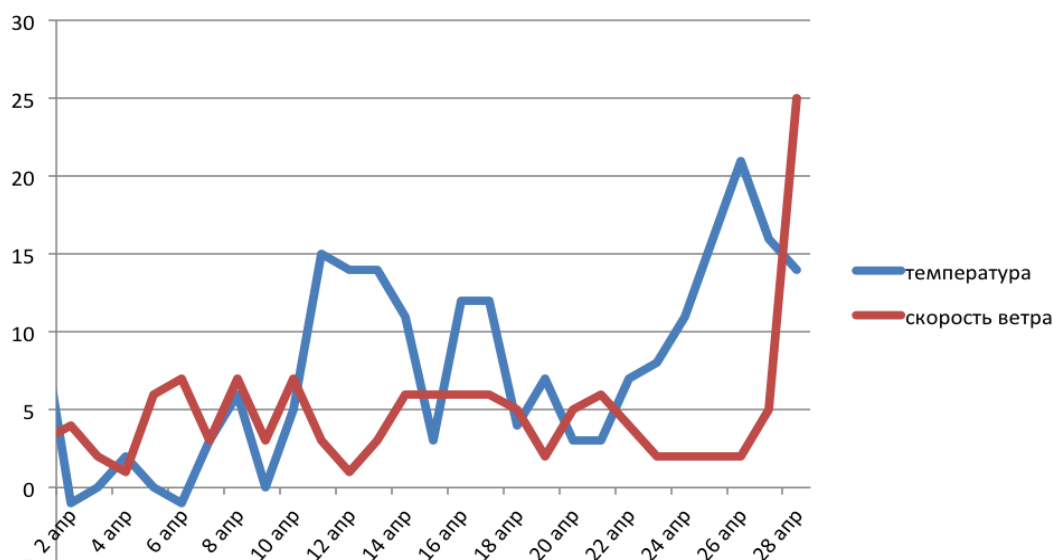


Рис. 4. Графики изменения температуры воздуха (°C) и скорости ветра (м/с)

Анализ изменения температуры воздуха и скорости ветра в период 1–28 апреля 2017 г. показал, что температура воздуха в этот период колебалась от – 1 °C 2 апреля до 16 °C 27 апреля и не могла привести к возникновению пожароопасной обстановки. В результате резкого усиления порывов северо-западного ветра с 2 до 25 м/с 28 апреля произошло быстрое распространение пожара от очага возгорания, находившегося на расстоянии 2 км от поселка Калиновка Рыбинского района и на расстоянии 9 км от населенного пункта Воронино Уярского района, что привело к возгоранию в районе населенного пункта Саянский.

Таким образом, были проанализированы факторы, повлиявших на возникновение 16 исследуемых природных лесных пожаров, приведших к возгоранию населенных пунктов. В результате анализа получены следующие соотношения.

В 11 случаях (68,8 %) незадолго до возникновения природного лесного пожара произошло резкое увеличение скорости ветра до 20–26 м/с в районе очага лесного пожара, что спровоцировало возгорание населенного пункта, в двух случаях (12 %) усиления ветра не наблюдалось, для трех (12 %) пожаров данные о скорости ветра в архиве Гидрометцентра России отсутствовали. На рис. 5 представлена диаграмма соотношения числа природных лесных пожаров в зависимости от изменения скорости ветра.



Рис. 5. Диаграмма соотношения числа природных лесных пожаров в зависимости от изменения скорости ветра

В восьми случаях (50,0 %) колебание температуры воздуха в 5-дневный предшествующий возникновению природного лесного пожара период составило от 0 до 9 °C,

в четырех случаях (25,0 %) – от 10 до 18 °С, для четырех (25,0 %) пожаров данные о температуре воздуха в архиве Гидрометцентра России отсутствовали. На рис. 6 представлена диаграмма соотношения числа природных лесных пожаров в зависимости от колебания температуры воздуха в 5-дневный предшествующий возникновению пожара период.

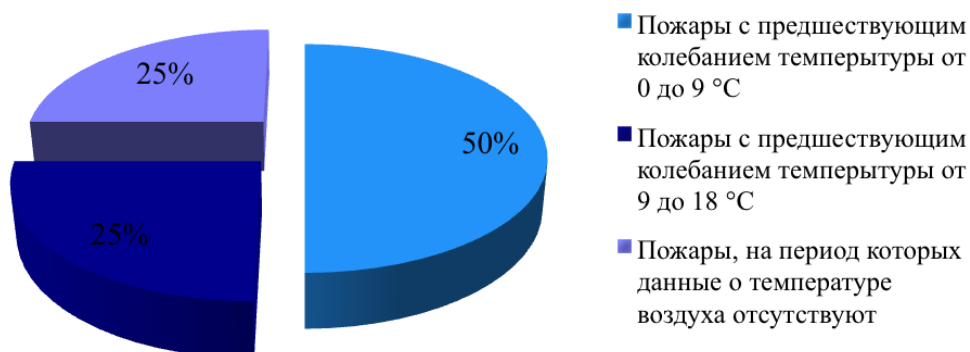


Рис. 6. Диаграмма соотношения числа природных лесных пожаров в зависимости от колебания температуры воздуха в 5-дневный предшествующий возникновению пожара период

В девяти (56,3 %) случаях из 16 к возгоранию населенных пунктов привело горение лесной подстиляющей поверхности, а в семи (43,7 %) случаях – пал сухой травы в окрестностях населенного пункта. Диаграмма соотношения количества природных лесных пожаров в зависимости от горючего материала представлена на рис. 7.

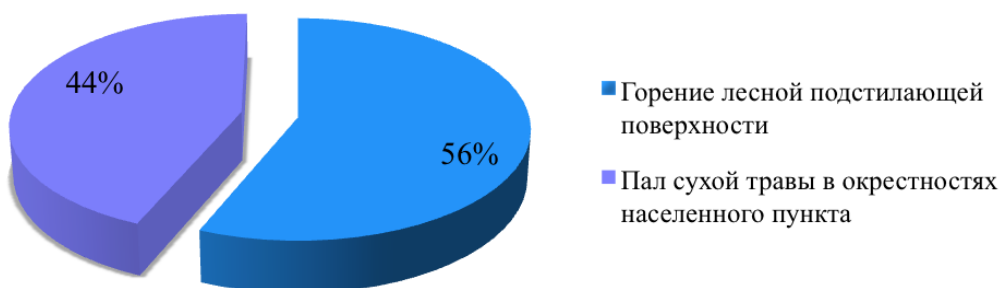


Рис. 7. Диаграмма соотношения количества природных лесных пожаров в зависимости от типа горючего материала

Таким образом, анализ скорости ветра в районе очага природного лесного пожара, показал, что к возникновению природных лесных пожаров, приведших к возгоранию населенных пунктов, в основном, привело резкое, до 20–26 м/с, усиление ветра, при этом только в 25 % случаев изменение температуры воздуха составило 10–18 °С. Анализ соотношения количества природных лесных пожаров в зависимости от типа горючего материала показал, что горение лесной подстиляющей поверхности было немного чаще, чем пал сухой травы.

Исходя из приведенного выше анализа, разрабатываем подход к формированию комплексного анализа рисков возникновения природных пожаров [2, 3]. Предполагается, что подход будет состоять из четырех этапов (рис. 8).

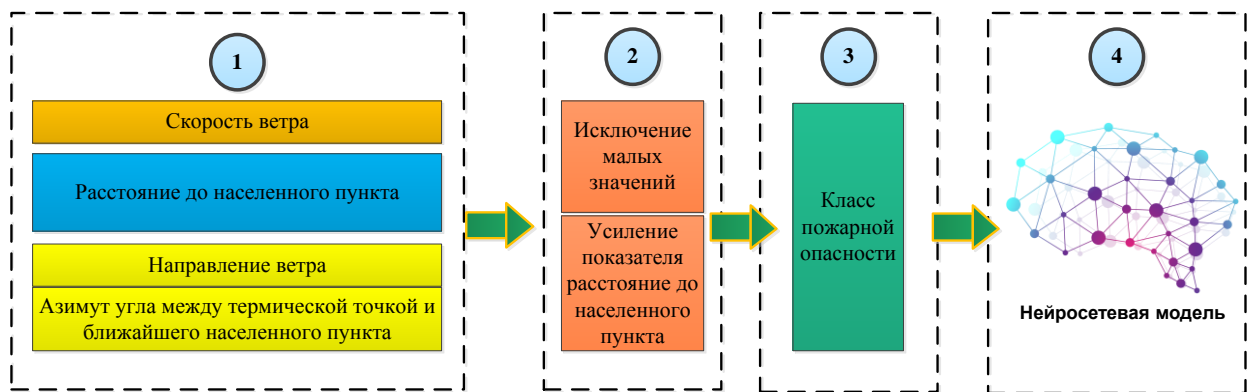


Рис. 8. Этапы формирования подхода к анализу рисков

Предполагается, что на первом этапе риск будет касаться трёх факторов [4, 5]:

- риск, основанный на показателе скорости ветра;
- риск, основанный на показателе расстояния от термической точки до ближайшего населенного пункта;

– риск, основанный на показателе сравнения показателя направления ветра и показателя азимут от термической точки до ближайшего населенного пункта.

Все зависимости получены на основе анализа статистики по термическим точкам за последние 10 лет и выявления функциональных закономерностей влияния одних показателей на другие (рис. 9, 10).

$$R = R_1 R_2 R_3 * 100\%$$

$$R_1 = 0,01 * \left(107,711197056 - \frac{433,45152092}{x} \right), \text{ где } x - \text{ скорость ветра в м/с}$$

$$R_2 = \begin{cases} y = 0,01(100 - x), \text{ при } x \in [0, 5] \\ y = 0,01(-30,63 \ln(x) + 147,7), \text{ при } x \in (5; +\infty) \end{cases}, \text{ где } x - \text{ расстояние от термоточки до населенного пункта}$$

$$R_3 = \begin{cases} \text{если } |\alpha - \beta| < 180, \text{ то } y = 0,01(100 - 0,55(|\alpha - \beta|)) \\ \text{если } |\alpha - \beta| > 180, \text{ то } \begin{cases} y = 0,01(100 - 0,55((360 - \alpha) + \beta)), \text{ при } \alpha > \beta \\ y = 0,01(100 - 0,55((360 - \beta) + \alpha)), \text{ при } \beta > \alpha \end{cases} \end{cases}, \text{ где } \alpha - \text{ азимут от термической точки до ближайшего н.п., } \beta - \text{ угол направления ветра}$$

При этом берется максимальное прогнозное значение риска, исходя из значений показателей направления и скорости ветра за определенные промежутки времени (12:00, 15:00, 18:00, 21:00, 00:00):

$$R_{total} = R_{1max} R_2 R_{3max}, \text{ где } R_{1max} = \max(r_{11} \dots r_{15}), R_{3max} = \max(r_{31} \dots r_{35})$$

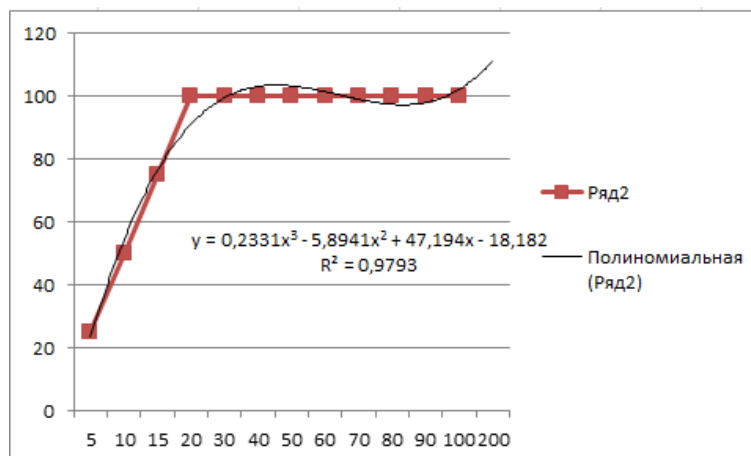


Рис. 9. Определение типа функции для выявления значения риска по показателю скорость ветра

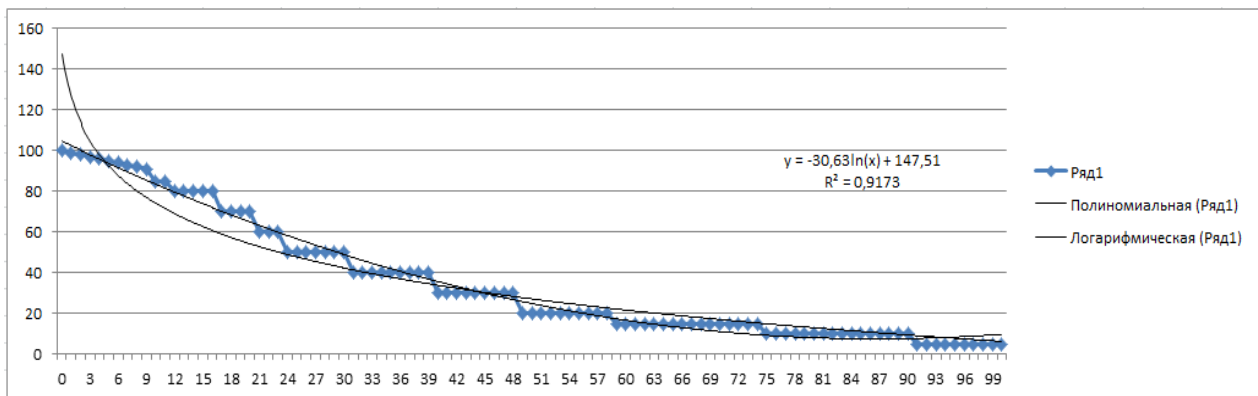


Рис. 10. Определение типа функции для выявления значения риска по показателю расстояние от термической точки до населенного пункта

На втором этапе осуществляется усиление приоритетного показателя – это расстояние между термической точкой и населенным пунктом, и исключаются случаи, когда один из показателей настолько чрезвычайно мал, что им можно пренебречь:

$$R = \begin{cases} R_2 R_3, \text{ если } ((R_1 \in [0; 0.5]) \&\& (R_3 \in [0.5; 1])) \\ R_1 R_2, \text{ если } (0.9; 1] \&\& (R_1 \in [0.5; 1] \&\& R_3 \in [0; 0.5]) \\ R_2 / 2, \text{ если } (0.9; 1] \&\& (R_1 \in [0; 0.5] \&\& R_3 \in [0; 0.5]) \end{cases} \text{ при } R_2 \in (0.9; 1]$$

На третьем этапе учитывается значение класса пожарной опасности, исходя из величины комплексного показателя пожарной опасности (1 класс – 0...300, 2 класс – 301...1 000, 3 класс – 1 001...4 000, 4 класс – 4 001...10 000, 5 класс – более 10 000).

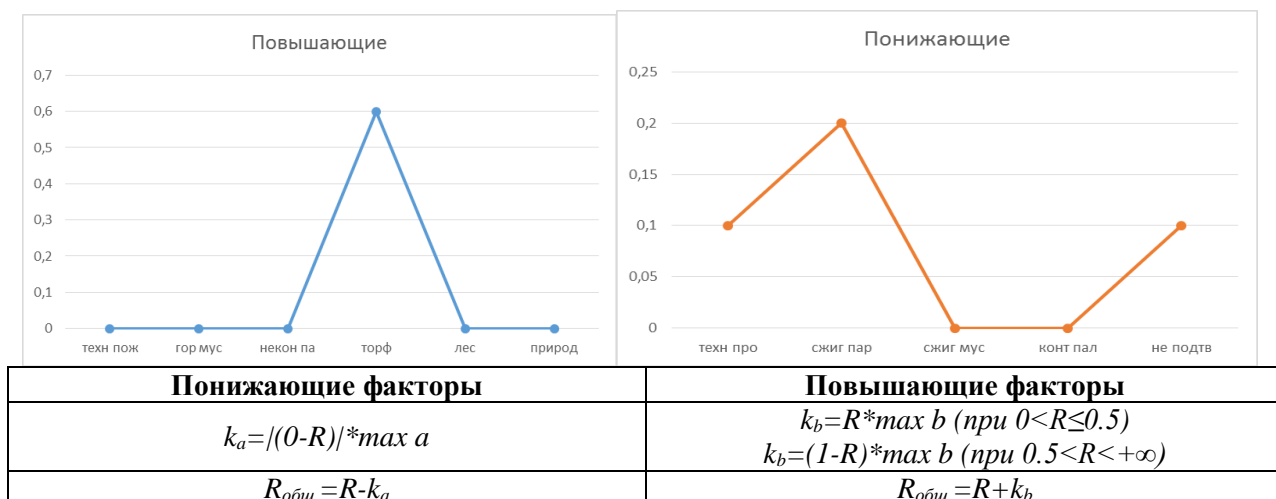
На четвертом этапе осуществляется подключение результатов прогнозирования нейросетевой модели (разработана в рамках совместно конкурса, организованного «Сбербанк» и МЧС России), которая автоматически классифицирует ту или иную термическую точку по типу подтверждения информации о ней.

Условно вся информация по подтверждению термических точек разделяется на повышающие и понижающие факторы (табл.).

Таблица

Понижающие факторы	Повышающие факторы
Технологический процесс	Технологический пожар
Сжигание порубочных остатков	Горение мусора
Контролируемый пал	Неконтролируемый пал
Не подтверждено	Торфяной пожар
Сжигание мусора	Лесной пожар
–	Природный пожар

По каждому фактору нейросетевая модель даёт вероятность наступления того или иного события. Подход учитывает максимальное значение вероятности. И, исходя из того, понижающий это фактор или повышающий происходит уменьшение или увеличение общего показателя риска соответственно:



где а и в – значения вероятностей наступления того или иного события; R – значение риска, полученное на этапах 1–3.

Полученные данные используются в разработанном МЧС России мобильном приложении «Термические точки» при отображении карточки термической точки в графе уровень риска (рис. 11).

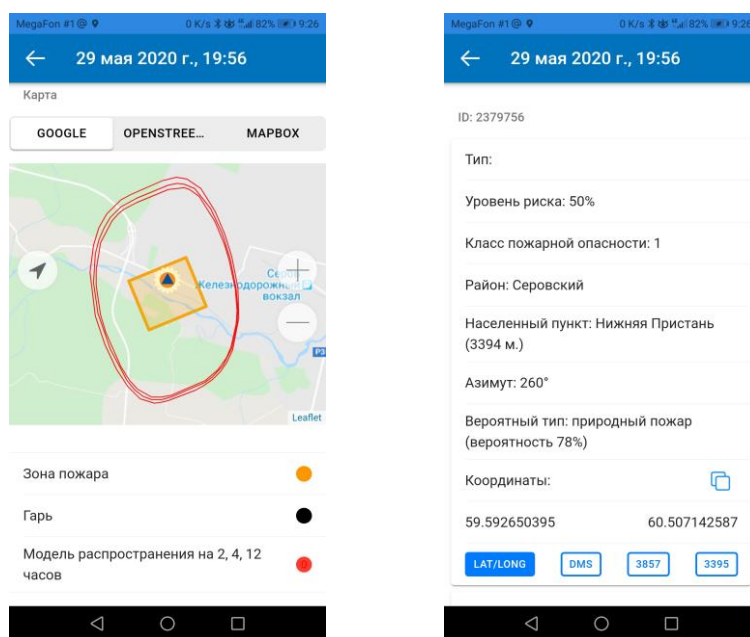


Рис. 11. Мобильное приложение «Термические точки»

Таким образом, был предложен подход к формированию комплексного показателя значения риска, позволяющего оценить вероятность перехода опасных факторов термических точек на населенный пункт, исходя из зависимостей, влияющих на значение данного риска [6, 7].

Литература

1. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика анализа информационной потребности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 4 (20). С. 18–28.
2. Антюхов В.И. Системный анализ и принятие решений / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 398 с.

3. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2017. № 2. С. 78.

4. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2016. № 4. С. 63.

5. Присяжнюк Н.Л., Шишков Ю.А. Оценка пожарного риска территории Красноярского края // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: сб. тезисов докладов материалов Междунар. науч.-практ. конф. М.: АГПС МЧС России, 2018.

6. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2016. № 1. С. 97.

7. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 63–76.

References

1. Antyuhov V.I., Ostudin N.V., Soroka A.V. Metodika analiza informacionnoj potrebnosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2016. № 4 (20). S. 18–28.

2. Antyuhov V.I. Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij / pod red. V.S. Artamonova. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2009. 398 s.

3. Antyuhov V.I., Ostudin N.V., Modelirovanie processa intellektual'noj podderzhki deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. 2017. № 2. S. 78.

4. Antyuhov V.I., Ostudin N.V., Soroka A.V. Metodika vyyavleniya perechnya zadach intellektual'noj podderzhki deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. 2016. № 4. S. 63.

5. Prisyazhnyuk N.L., Shishkov Yu.A. Ocenka pozharnogo riska territorii Krasnoyarskogo kraja // Istoricheskij opyt, sovremennye problemy i perspektivy obrazovatel'noj i nauchnoj deyatel'nosti v oblasti pozharnoj bezopasnosti: sb. tezisov dokladov materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: AGPS MCHS Rossii, 2018.

6. Antyuhov V.I., Ostudin N.V. Metodika vyyavleniya i analiza problemnyh voprosov v deyatel'nosti dolzhnostnyh lic CUKS MCHS Rossii // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. 2016. № 1. S. 97.

7. Antyuhov V.I., Ostudin N.V., Soroka A.V. Metodika vyyavleniya perechnya zadach intellektual'noj podderzhki deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 4. S. 63–76.

УДК 004.942

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГРАФИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент;

Б.С. Лимонов, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Вострых.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Современное специализированное программное обеспечение должно соответствовать человеко-ориентированным принципам построения как визуальной составляющей интерфейсов, так и логики взаимодействия с системами. В настоящей статье разработан алгоритм оценки графической архитектуры специализированных программных продуктов, используемых в системе МЧС России.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, параметрическая карта, алгоритм Превитта, графическая архитектура

ALGORITHM FOR ASSESSING THE GRAPHIC ARCHITECTURE OF SPECIALIZED SOFTWARE USED IN UNITS OF EMERCOM OF RUSSIA

G.L. Shidlovsky; B.S. Limonov; A.V. Vostrykh.

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

Modern specialized software must comply with human-oriented principles building both the visual component of interfaces and the logic of interaction with systems. In this article, an algorithm for evaluating the graphic architecture of specialized software products used in the EMERCOM of Russia.

Keywords: graphical user interface, parametric map, Previtt algorithm, graphical architecture

За последние десятилетия крупные аварии и катастрофы оказывают значительное влияние на развитие общества и государства в целом [1]. С целью их предотвращения и минимизации последствий на постоянной основе функционируют специализированные подразделения, оснащенные современным программным обеспечением (ПО), внедряются новые методы мониторинга, предупреждения и реагирования для решения задач, связанных с чрезвычайными ситуациями (ЧС) и происшествиями различного характера [2–5]. В этой многогранной деятельности структуры МЧС России информационная вооруженность имеет одно из первостепенных значений.

Существующее специализированное ПО играет одну из главных ролей в повседневной работе сотрудников МЧС России. Для выполнения своих функциональных обязанностей специалисты должны иметь в своём распоряжении необходимый спектр программных опций и специализированный инструментарий, который в совокупности с грамотно спроектированной стратегией взаимодействия с системой на основе качественного человеко-ориентированного интерфейса должен обеспечить высокую скорость работы оператора в программе с минимальным количеством ошибок.

Одной из основных составляющих принципа человеко-ориентированного проектирования графических пользовательских интерфейсов (ГПИ) является

качественная проработка графической архитектуры ГПИ. Возможность проводить оценку качества графической архитектуры специализированных программ, используемых специалистами МЧС России, позволит сравнивать существующие на рынке ПО программы и выбирать лучшие для повышения как результатов работы сотрудников, так и личной субъективной удовлетворённости от взаимодействия с программой.

Предложенный алгоритм оценки графической архитектуры основной формы ГПИ состоит из двух отдельных направлений:

- оценка сложности визуального восприятия ГПИ;
- оценка гармоничности цветовой схемы ГПИ.

Оба подхода основаны на анализе прямоугольных областей основной формы ГПИ, полученных в ходе разбиения этой формы. Каждая из полученных областей анализируется индивидуально в соответствии с заданными критериями, получая по итогу числовую оценку. Совокупность таких оценок образует параметрическую карту, которая подвергается обработке на перепады оценочных результатов.

Одной из составляющих оценки сложности визуального восприятия ГПИ является оценка контрастности выделенных областей. На основе многочисленных исследований [6] известно, что наиболее контрастные объекты или их совокупность подсознательно заставляют пользователей обращать на них внимание. Так как область внимания человека ограничена [7], необходимо оценить отношение функциональной важности выделенных элементов к степени поглощения внимания пользователями, а также их расположение на графической архитектуре. Также рассредоточение элементов ГПИ, в наибольшей степени поглощающих внимание, является прямой предпосылкой для возникновения многозадачности [6], что снижает работоспособность и производительность сотрудников МЧС России. Использование принципов и законов гештальт психологии [7] в оценке ГПИ позволит свести к минимуму разрозненность локуса внимания пользователя и снизить вероятность появления многозадачности. Так, с помощью параметрической карты контрастности графической архитектуры ГПИ возможна оценка когнитивной и визуальной нагрузок на пользователей, а также оценка оптимальности расположения функциональных элементов относительно принципов гештальт психологии.

Действие алгоритма оценки сложности визуального восприятия ГПИ состоит из следующих шагов:

1. Построение множества областей по границам изменения яркости, контрастности, преобладающего тона и резкости (выделение границ графических элементов основной формы ГПИ).
2. Минимизация количества полученных областей в соответствии с заданными критериями.
3. Выделение подмножеств низкой и высокой контрастности с помощью алгоритмов кластеризации.

Графическую архитектуру как единое целое можно оценить по следующим показателям: яркость, контрастность, доминирующий тон и резкость. Исходными данными будут характеристики монитора, параметры внешнего освещения и фона. Для анализа выберем цветовую модель RGB.

Общая яркость определяется суммой яркости излучения и яркость отражения [8]. Яркость излучения L_v определяется следующей формулой:

$$L_v = \frac{\Phi_v}{\sigma \cdot \cos \varphi \cdot \omega},$$

где Φ_v – световой поток, переносимый пучком лучей, проходящим через данную точку и распространяющимся в телесном угле ω , содержащем данное направление; σ – площадь

сечения данного пучка; φ – угол между нормалью к данному сечению и направлением пучка лучей.

Яркость отражения L_o определяется следующей формулой [8]:

$$L_o = \frac{E * \rho}{\pi},$$

где E – внешняя освещённость; ρ – коэффициент отражения экрана.

Яркость изображения можно выразить как среднюю яркость всех пикселей, определяемую формулой [9]:

$$L = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N R_p + G_p + B_p,$$

где L – физическая яркость изображения; N – общее число пикселей, содержащихся в изображении.

Так как чувствительность человеческого глаза неодинакова к разным частям спектра (максимальная в жёлто-зелёной, минимальная в синей), яркость цветного пикселя будет восприниматься субъективно, в зависимости от его тональных характеристик.

В соответствии с рекомендациями стандарта Федеральной комиссии связи [10], видимая яркость изображения Y_s вычисляется по следующей формуле:

$$L_s = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N 0,2126R_p + 0,7152G_p + 0,0722B_p.$$

Оператор построения параметрической карты основной формы ГПИ, характеризуемый яркостью изображения L_s в пределах этой формы S_{ge} :

$$\theta_{\zeta(M_{df})} = [l_{s_{ij}}] \equiv \langle x_{ij}, y_{ij}, l_{ij} \rangle.$$

Оценка физической и видимой яркостей изображения являются абсолютными величинами. Переход к относительным величинам осуществляется с помощью формулы:

$$L_{rel} = \frac{L}{L_{max}},$$

где L_{max} – максимально возможное значение яркости.

Контраст изображения определяется как отношение яркости некоторого элемента изображения к яркости рядом расположенного фона:

$$C = \frac{L_{\text{экp}} - L_{\text{ф}}}{L_{\text{ф}}}.$$

Контрастность изображения бывает яркостная и тоновая [9]. Критерием оценки яркостной контрастности будет дисперсия яркости пикселей изображения, так как у контрастного изображения количество тёмных и светлых пикселей должно быть приблизительно одинаковым, разница в их яркости – значительна, а основное место сосредоточения пикселей – возле границ диапазона:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (L_p - L)^2.$$

Оценить тоновую контрастность можно с помощью вычисления среднего расстояния в RGB кубе между пикселями и «средним тоном»:

$$d = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N d_p,$$

где d_p – расстояние в RGB-кубе между пикселями изображения и «средним тоном»:

$$d_p = \sqrt{(R_p - R)^2 + (G_p - G)^2 + (B_p - B)^2}.$$

Максимальную тоновую контрастность будут иметь пиксели, расположенные на наибольшем расстоянии:

$$d_{\max} = \sqrt{3} * R_{\max} = \sqrt{3} * G_{\max} = \sqrt{3} * B_{\max},$$

где R_{\max} , G_{\max} , B_{\max} – длины ребер RGB-куба.

Оценка доминирующего тона выражается средним значением тоновой насыщенности для всех пикселей:

$$h = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N h_p,$$

где h_p – тоновая насыщенность пикселя. В RGB-кубе тоновую насыщенность можно выразить как расстояние до диагонали ахроматических цветов:

$$h_p = \sqrt{R_p^2 + G_p^2 + B_p^2 - \frac{(R_p + G_p + B_p)^2}{3}}.$$

Оценка резкости изображения с точки зрения человеческого восприятия является оценкой контура контрастного перехода между двумя соседними частями изображения. Для проведения оценки резкости цветной графической архитектуры ГПИ можно использовать расстояние в RGB-кубе между цветами пикселей:

$$\Delta d_{ij} = \sqrt{(R_{i+1} - R_i)^2 + (G_{i+1} - G_i)^2 + (B_{i+1} - B_i)^2}.$$

Поскольку критерии оценки резкости связаны с локальными участками изображения, общая оценка резкости по этим критериям будет зависеть от изображения. В качестве оценки резкости всего изображения можно применить средние значения длины и уклона участка для всех переходных участков. Уклон участка k будет вычисляться через расстояния между цветами пикселей в RGB-кубе:

$$k = \frac{1}{m} \sum_{i,j=1}^m \delta_{ij}.$$

где m – длина (количество элементов матрицы контрастов).

Выделить контуры изображения можно с помощью различных алгоритмов: Робертса, Собеля и Превитта. В настоящей работе выбран алгоритм Превитта, который, как и алгоритмы Робертса и Собеля основывается на разрывности (базовое свойство сигнала яркости) и является в настоящее время самым востребованным [11]. Алгоритм Превитта использует для поиска разрывов пространственную фильтрацию, то есть «скользящие маски» (квадратные матрицы, соответствующие указанной группе пикселей исходного изображения). Выбранный алгоритм, оперирует с областью изображения 3×3 .

Использование маски задается выражениями:

$$G_x = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3);$$

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7).$$

В этих формулах разность между суммами по верхней и нижней строкам окрестности 3×3 является приближенным значением производной по оси x , а разность между суммами по первому и последнему столбцам этой окрестности – производной по оси y . Для реализации этих формул используется оператор, описываемый двумя масками 3×3 :

$$T_i = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ и } T_j = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Преимущество алгоритма Превитта над Собеля в более высокой производительности и точности выделения краёв. По сравнению с алгоритмом Робертса, использующего маски размером 2x2, (которые не удобны в силу отсутствия четко выраженного центрального элемента), алгоритм Превитта использует маски 3x3, благодаря которым получает более точный результат [11].

В результате применения алгоритма Превитта происходит выделение контрастных переходов, исходное изображение графических элементов основной формы ГПИ преобразуется в бинарное. Так как интерфейсы имеют сравнительно простую графическую для идентификации контуров полученную битовую карту, применим метод «наращивания областей» [11], который основан на использовании локальных признаков изображения.

Оператор преобразования многоцветного изображения в бинарное с заданным пределом контрастности ε_k :

$$\theta_{\check{G} \rightarrow \check{G}'}(\check{G}, \varepsilon_k).$$

Оператор, строящий множество контрастных контуров Cir по полученному бинарному изображению $\theta_{\check{G} \rightarrow \check{G}'}$ согласно минимальной площади элемента или компонента ε_s :

$$\theta_{\check{G}'(Cir)}(\check{G}', \varepsilon_s) \equiv \{Cir_i | \forall j, Cir_i \cap Cir_j \in \emptyset; Cir > \varepsilon_s\}.$$

Перейдём к последнему шагу – проведению кластеризации с выделением подмножеств низкой и высокой контрастности. Методом кластеризации выберем совместное использование алгоритма FOREL (от англ. FORmal ELeMent), основанного на идее объединения в один кластер объектов в областях их наибольшего сгущения, и надстройки в виде «Кратчайшего незамкнутого пути» [12, 13].

Оператор кластеризации относит форму S_{ge} к соответствующему кластеру k_i :

$$\theta_{S_{ge} \rightarrow k}(S_{ge}, M_{df}) \equiv \{(S_{ge}, k) | S_{ge} \in \{C\}, k_i \in N^*\}$$

$$\begin{cases} \{S_{ge}\} \rightarrow \bigcup_{i=1}^N k_i \\ k_i = \{S_{ge}\}_{k_i} \\ i \neq j: k_i \cap k_j \in \emptyset \end{cases}.$$

Построения множества высококонтрастных областей осуществляются с помощью оператора, в соответствии с заданным критерием высокой контрастности ε_k^H :

$$\theta_{S_{ge}}^{Ht}(\{C\}, M_{df}) \equiv \{S_{ge} | S_{ge} \in \{C\}, i \neq j: S_{ge_i} \cap S_{ge_j} \in \emptyset, \theta_{\check{G}'(Cir)}(L_c, S_{ge}) \geq \varepsilon_k^H\}.$$

Построения множества высококонтрастных областей осуществляются с помощью операторов, в соответствии с заданным критерием низкой контрастности ε_k^L :

$$\theta_{S_{ge}}^{Lw}(\{C\}, M_{df}) \equiv \{S_{ge} | S_{ge} \in \{C\}, i \neq j: S_{ge_i} \cap S_{ge_j} \in \emptyset, \theta_{\check{G}'(Cir)}(L_c, S_{ge}) \leq \varepsilon_k^L\}.$$

Оценка цветового решения основной формы ГПИ состоит из исследований используемой палитры цветов на сочетаемость, («гармоничность»), соответствие разработанным моделям пользователей, соответствие функциональному предназначению и отклонение цветового решения от заданного эталона.

Разработанный алгоритм оценки цветового наполнения ГПИ учитывает «эффект стереохроматизма» [6]. Примером данного эффекта является размещение рядом красного и синего цвета или красного и зеленого. Подобные комбинации при считывании информации пользователями воспринимаются с трудом. Эффект стереохроматизма способствует возрастанию как когнитивной и визуальной нагрузки, так и повышению вероятности появления ошибок в работе пользователей. Также необходимо учитывать цветовые предпочтения целевых аудиторий. Проведённые исследования [6] показали, что существуют различия в цветовых предпочтениях мужчин и женщин. Цветовые предпочтения женщин имеют следующие показатели («самых востребованных цветов»): 35 % – предпочитают синий цвет, 23 % – фиолетовый и 14 % – зеленый. Негативное впечатление оказывают следующие цвета: оранжевый – 33 %, коричневый – 20 %, серый – 17 %.

В предпочтениях мужчин выявлена следующая статистика: синий предпочитают 50 %, черный – 15 %, зеленый – 13 %, из «отрицательных» цветов представители мужского пола выделили следующую «иерархию неприязни» 27 % – коричневый, 22 % – фиолетовый и оранжевый. Соотношения предпочтений цветов и их функциональные ассоциации представлены в таблице.

Таблица. Влияние пола на предпочитаемые цветовые схемы

Цвет	Предпочтения мужского пола		Предпочтения женского пола		Возможность использования в ГПИ	Ассоциации с функциональностью
	+%	-%	+%	-%		
Красный	7 %	2 %	9 %	1 %	0,13	Опасность, ошибка
Оранжевый	5 %	22 %	4 %	33 %	-0,46	Призыв к действию
Желтый	1 %	13 %	3 %	13 %	-0,22	Предупреждение
Зелёный	13 %	3 %	14 %	4 %	0,2	Безопасность
Синий	50 %	1 %	35 %	1 %	0,83	Обязательные условия
Фиолетовый	1 %	22 %	23 %	5 %	-0,03	Нейтральное событие
Чёрный	15 %	1 %	6 %	1 %	0,19	Нейтральное событие
Коричневый	2 %	27 %	3 %	20 %	-0,42	Нейтральное событие
Серый	3 %	4 %	1 %	17 %	-0,17	Нейтральное событие
Белый	2 %	4 %	1 %	3 %	-0,04	Нейтральное событие

При проектировании и оценке ГПИ необходимо учитывать данные статистических показателей, так как от этого будет зависеть параметр субъективной удовлетворённости, который непосредственно влияет на такие характеристики, как скорость работы и количество ошибок, а также внутреннее психологическое равновесие и удовлетворённость трудом [14]. Так разработанные модели пользователей специалистов МЧС России [15] свидетельствуют о том, что, например, операторами системы-112 преимущественно являются женщины, следовательно, в ГПИ должны быть исключены оранжевые и жёлтые цвета в фоне программы или рабочей области. Для сотрудников Центра управления в кризисных ситуациях, где преобладают мужчины, следует сделать преобладающий тон ГПИ – светло синего. Также эти цвета имеют наименьшее негативное влияние из соотношений, проголосовавших за и против данных цветов.

Также необходимо учитывать ассоциативное восприятие цвета (например, красный означает сигнал опасности, зелёный – безопасность). Цвет должен соответствовать принятым в целевой аудитории стереотипам. Так, например, синий и его тёмные оттенки подходят для реализации фона и рабочей области ГПИ. Этот цвет ассоциируется с чувством доверия и спокойствия [6]. Желтый цвет используется в предупреждающих знаках, так как цвет стимулирует возбуждение центральной части мозга и повышает эмоциональность. Иногда желтый может вызывать чувство тревоги, поэтому его необходимо использовать в малом количестве. Зеленый идеально подходит для оформления, он ассоциируется с природой, чистой экологией и окружающей средой, рекомендуется использовать его, чтобы вызвать

у пользователей ассоциацию с чистотой и легкостью. Самыми распространенными цветами для призыва к действию являются: красный, зеленый, оранжевый, желтый [6].

При выборе цветовой схемы и акцентных цветов необходимо помнить о психологии цвета, которая тесно связана с памятью и опытом [6]. Таким образом, выбор цветовой схемы ГПИ должен основываться на общепринятых функциональных предназначениях цветов, а не из субъективных соображений красоты и эстетики. Необходимо контролировать количество используемых цветов в ГПИ, так из исследований [6] следует, что использование более четырех–пяти различных цветов снижает эффективность работы пользователя. Цвет должен давать оптимальный цветовой контраст в отношениях: элемент сигнал – фон. Оценка форм ГПИ с помощью параметрической карты (заданной матрицей [Цвет → Ассоциации с функциональностью]) демонстрирует соответствие графического элемента заданному функциональному назначению.

Алгоритм оценки цветовой схемы решает следующие задачи:

- определение числа цветов (использованной палитры);
- оценка эффективности цветовой схемы;
- анализ гармоничности цветовой схемы и её соответствие модели пользователя;
- кластеризация по критерию соответствия цвета элемента или компонента ГПИ к его функциональному предназначению.

Оператор построения множества цветов основной формы ГПИ:

$$\theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) \equiv \{[l_{s_{ij}}] \mid l_{s_i} \in \check{G}(R) \vee l_{s_i} \in \check{G}(G) \vee l_{s_i} \in \check{G}(B)\}.$$

Оператор присвоения веса цвету в основной форме ГПИ:

$$\theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}) \equiv (l_{s_{ij}}, \check{G}) \equiv \varepsilon_l \in \{\{\varepsilon\} \mid \varepsilon \in N^*\}.$$

Оператор выбора цветов с наибольшим весом:

$$\theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}, l_{s_i}) \equiv \{l_{s_j} \in \theta_{\check{G} \rightarrow [l_{ij}]}(\check{G}) : \theta_{l_s}^{\varepsilon_l}(\check{G}) > \varepsilon_l\}.$$

Оператор оценки гармоничности цветовой схемы основан на сравнении четырех цветов попарно, так как анализируемая область представляется в виде прямоугольника, существует необходимость сравнения в предельном количестве (четырёх сторон) с аналогичными областями:

$$\theta_{l_s}^{\text{opt}}(l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{ap}}, l_{s_i}^{\text{dow}}, l_{s_i}^{\text{rig}}, l_{s_i}^{\text{lef}}) \equiv \begin{cases} (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{ap}}) \equiv r^{\text{ap}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{dow}}) \equiv r^{\text{dow}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{rig}}) \equiv r^{\text{rig}} \in [0,1] \\ (l_{s_i}^{\text{main}}, l_{s_i}^{\text{lef}}) \equiv r^{\text{lef}} \in [0,1] \end{cases}.$$

Отображение цветовой палитры ГПИ на «функциональные области» каждого элемента и компонента произведём с помощью оператора:

$$\theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C) \equiv \{l_{s_i} \rightarrow l_{f_i} \mid \{l_{s_i}\} \subset \{l_{s_{f_i}}\} \& \{l_{s_{f_i}}\} \subset \{l_{s_i}\}\}.$$

Определение использованной палитры цветов в графической архитектуре ГПИ проведём с помощью метода кластеризации цветов на изображении [11]. Идея метода состоит в том, чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. На первом этапе выбираются случайные центры масс кластеров (начальные точки), затем вычисляется принадлежность каждого находящегося в ГПИ элемента к тому или иному центру. Далее происходит несколько итераций алгоритма,

на каждой из которых производится перерасчёт центров масс, пока алгоритм не сойдётся. Результатом алгоритма станет множество кластеров определённых цветов (рис. 1).

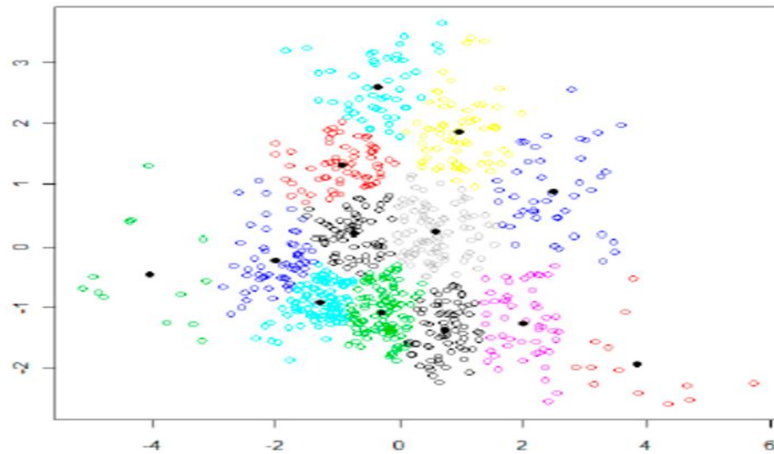


Рис. 1. Результат работы алгоритма кластеризации

Кластеризацию соответствия цвета элемента или компонента ГПИ к его функциональному предназначению произведём с помощью оператора:

$$\theta_{\{Kom\} \rightarrow (S_{ge}, l_f)}^{l_s}(\{S_{ge}\}, M_{df}) \equiv \{\{l_{s_i}(S_{ge})\} \rightarrow \{l_{f_i}(S_{ge})\} | \{l_{s_i}\} \subset \{S_{ge}\} \& \{l_{f_i}\} \subset \{S_{ge}\}, \theta_{l_f}^{l_s}(S_{ge}, C)\}.$$

Общая схема работы алгоритма оценки графической архитектуры основной формы ГПИ представлена на рис. 2.

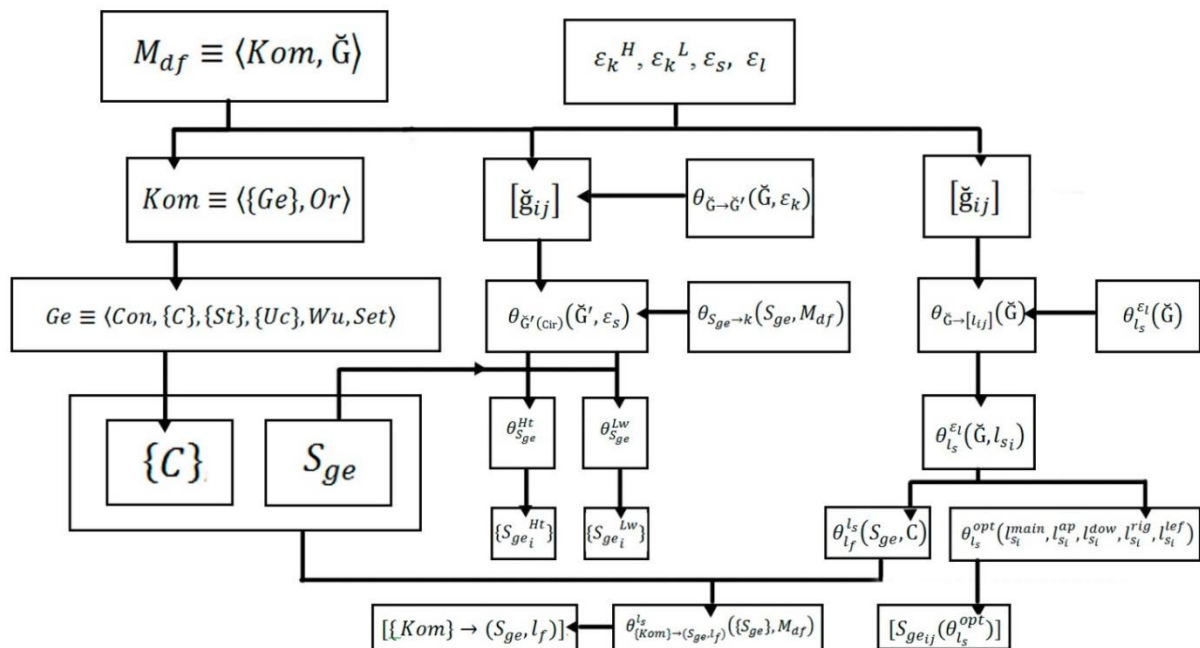


Рис. 2. Схема оценки графической архитектуры основной формы ГПИ

Результатом работы алгоритма станут области высокой $\{S_{ge_i}^{Ht}\}$ и низкой $\{S_{ge_i}^{Lw}\}$ контрастности, параметрическая карта гармоничности используемой палитры $[S_{ge_ij}(\theta_{l_s}^{opt})]$, параметрическая карта соответствия функциональности и цвета области $[\{Kom\} \rightarrow (S_{ge}, l_f)]$.

Разработанный алгоритм позволяет проводить оценку качества проектирования графической архитектуры специализированных программных продуктов, используемых в системе МЧС России, по таким показателям, как скорость работы, субъективная удовлетворённость, когнитивная и визуальная нагрузка, скорость обучения навыкам оперирования интерфейсом и степень сохранения навыков взаимодействия. Результаты оценок данных показателей позволяют выбирать из множества существующего программного обеспечения наиболее подходящее для специфичной работы сотрудников МЧС России.

Литература

1. Производственная и пожарная автоматика. Технические средства автоматической пожарной сигнализации / В.В. Кутузов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 284 с.
2. О национальной стратегии развития искусственного интеллекта: Указ Президента Рос. Федерации от 10 окт. 2019 г. № 490. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 гг.: Указ Президента Рос. Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
4. Цифровая экономика Российской Федерации: Национальная программа (утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Рос. Федерации от 4 июня 2019 г. № 7). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
5. О плане мероприятий на 2018–2024 годы (I этап) по реализации МЧС России Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года: приказ МЧС России от 22 окт. 2018 г. № 467. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
6. Уэйншенк С. 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. СПб.: Изд-во «Питер», 2011 С. 272.
7. Пешкова Т.А. Теории научения. Формирование поведения человека: пер. с англ. М.: Прайм-ЕВРОЗНАК, 2003. С. 133–288.
8. ГОСТ Р 52870–2007. Средства отображения информации коллективного пользования. Требования к визуальному отображению информации и способы измерения. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Иофис Е.А. Синтез цвета // Фотокинетика: Энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1981. 447с.
10. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.
11. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М: Техносфера, 2005. С. 1007.
12. Буйневич М.В., Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Двухуровневая кластеризация субоптимальных зон прикрытия города Кострома подразделениями МЧС России при возникновении происшествий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 2. С. 121–127.
13. Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Компоненты специальной информационной технологии построения оптимальных маршрутов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО-2018). 2018. Т. 2. С. 213–218.
14. Терёхин С.Н., Вострых А.В., Семёнов А.В. Оценка ГПИ посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 95–103.
15. Николаев Д.В., Вострых А.В., Проценко Т.В. Оценка специализированных программ расчёта безопасности потенциально опасных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2. С. 11–17.

References

1. Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika. Tekhnicheskie sredstva avtomaticheskoy pozharnoy signalizacii / V.V. Kutuzov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2014. 284 s.
2. O nacional'noj strategii razvitiya iskusstvennogo intellekta: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 10 okt. 2019 g. № 490. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
3. O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017–2030 gg.: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 9 maya 2017 g. № 203. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
4. Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii: Nacional'naya programma (utv. protokolom zasedaniya prezidiuma Soveta pri Prezidente Ros. Federacii ot 4 iyunya 2019 g. № 7). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
5. O plane meropriyatij na 2018–2024 gody (I etap) po realizacii MCHS Rossii Osnov gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij na period do 2030 goda: prikaz MCHS Rossii ot 22 okt. 2018 g. № 467. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
6. Uejnshenk S. 100 glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie. SPb.: Izd-vo «Piter», 2011 S. 272.
7. Peshkova T.A. Teorii naucheniya. Formirovanie povedeniya cheloveka: per. s angl. M.: Prajm-EVROZNAK, 2003. S. 133–288.
8. GOST R 52870–2007. Sredstva otobrazheniya informacii kollektivnogo pol'zovaniya. Trebovaniya k vizual'nomu otobrazheniyu informacii i sposoby izmereniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. Iofis E.A. Sintez cveta // Fotokinotekhnika: Enciklopediya. M.: Sovetskaya enciklopediya, 1981. 447s.
10. Viola P., Jones M. J. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA, 2001. Vol. 1. P. 511–518.
11. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. M: Tekhnosfera, 2005. S. 1007.
12. Bujnevich M.V., Vostryh A.V., Shurakova D.G. Dvuhurovnevaya klasterizaciya suboptimal'nyh zon prikrytiya goroda Kostroma podrazdeleniyami MCHS Rossii pri vozniknovenii proisshestvij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 2. S. 121–127.
13. Vostryh A.V., Shurakova D.G. Komponenty special'noj informacionnoj tekhnologii postroeniya optimal'nyh marshrutov // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO-2018). 2018. T. 2. S. 213–218.
14. Teryohin S.N., Vostryh A.V., Semyonov A.V. Ocenka GPI posredstvami algoritma poiska posledovatel'nyh shablonov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 95–103.
15. Nikolaev D.V., Vostryh A.V., Procenko T.V. Ocenka specializirovannyh programm raschyota bezopasnosti potencial'no opasnyh ob"ektov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 2. S. 11–17.

УДК 614.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО СПОСОБА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Д.С. Королев, кандидат технических наук.

Воронежский государственный технический университет.

А.В. Вытовтов, кандидат технических наук.

Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России

Цифровое развитие нефтегазовой отрасли Российской Федерации требует и цифровых подходов в обеспечении пожарной безопасности, к которым относится способ прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки на основе молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей. О данном способе достаточно детально рассказывалось в статье «Применение «deep learning» при прогнозировании пожароопасных показателей кислородсодержащих органических соединений» [1], а также показан процесс прогнозирования температуры вспышки для ряда органических соединений (предельные кетоны и альдегиды, сложные эфиры масляной кислоты). Показана верификация данных, рассчитана средняя относительная погрешность.

Однако для определения эффективности предлагаемого способа и полного анализа полученных результатов проводили регрессионный анализ. Было рассчитано девять основных параметров, среди которых ошибка аппроксимации, равная 1,47 %, и выведено уравнение регрессии, получены удовлетворительные результаты.

Ключевые слова: цифровой способ, молекулярные дескрипторы, пожарная безопасность, свойства веществ, искусственные нейронные сети, анализ

EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE DIGITAL METHOD FOR FORECASTING THE FIRE-HAZARDOUS PROPERTIES OF REFINING PRODUCTS

D.S. Korolev. Voronezh state technical university.

A.V. Vytovtov. Voronezh institute for advanced studies of State fire service of EMERCOM of Russia

The digital development of the oil and gas industry in the Russian Federation also requires digital approaches to ensuring fire safety, which include a method for predicting the fire hazardous properties of oil refined products based on molecular descriptors and artificial neural networks. This method was described in sufficient detail in the article «Application of " deep learning "in predicting fire hazard indicators of oxygen-containing organic compounds»[1], and the process of predicting the flash point for a number of organic compounds (limiting ketones and aldehydes, butyric acid esters) is shown. Verification of the data is shown, the average relative error is calculated.

However, to determine the effectiveness of the proposed method and complete analysis of the results obtained, a regression analysis was performed. Nine main parameters were calculated, among which the approximation error, was 1,47 %, and the regression equation was derived, satisfactory results were obtained.

Keywords: digital way, molecular descriptors, fire safety, properties of substances, artificial neural networks, analysis

Для развития прорывных инноваций нефтегазовые компании обращаются к новым моделям управления [2]:

- сотрудничество с внешними партнерами;
- дизайн-мышление (разработка новых веществ и материалов, ориентированных на потребности людей и смежных производств);
- корпоративные венчурные фонды (инвестирование в инновационные технологии сторонними организациями);
- бизнес-инкубаторы.

Таким образом, крупные нефтегазодобывающие предприятия активно взаимодействуют с внешней средой в процессе инновационной деятельности для последующего обмена технологиями, знаниями, профессиональными компетенциями, поэтому неудивительно, что цифровизация находит все большее применение в нефтегазовом секторе.

Ведущие нефтяные компании ощутили на себе эффект от применения цифровых технологий, которые приносят им новые конкурентные преимущества. Так, например, применение периодического сейсмониторинга, в ходе которого осуществляются сейсмические исследования месторождения, обеспечивает добывающую компанию информацией о смещении пласта, показывая, где лучше пробурить новые скважины для добычи, а также повышается коэффициент нефтеотдачи [3].

Внедрение цифровых технологий охватывает не только производственную деятельность, но и корпоративные функции, что позволяет автоматизировать процессы передачи и обработки информации, ликвидировать ручной труд.

Одна из ведущих нефтяных компаний «Газпром нефть» анонсировала строительство самого современного комплекса по производству высокотехнологичных катализаторов, новых продуктов при нефтепереработке. Производственные мощности строящегося завода должны решить проблему импортозамещения и вывести Российскую Федерацию на новый уровень поставок за границу бензина, дизельного топлива. Планируется проводить гидрокрекинг (глубокую переработку нефти) по новым технологиям, разработанным совместно с ведущими российскими научно-исследовательскими институтами, тем самым получая новые синтезированные вещества и материалы [4].

Не стоит забывать, что нефтегазовая отрасль является наиболее важной для бюджета Российской Федерации, поскольку более 50 % его формируется за счет продажи углеводородов за рубеж. На рисунке представлена диаграмма налоговых отчислений.

Также рассматриваемая отрасль является особо опасной с точки зрения пожарной безопасности, где сконцентрировано большое количество взрывопожароопасных веществ и материалов. Согласно статистическим данным, только за последние пять лет было зарегистрировано свыше 300 пожаров на подобных объектах. Основными причинами являлись [5–9]:

- нарушение правил техники безопасности (33 %);
- некачественный ремонт и монтаж оборудования (22 %);
- некачественная молниезащита (13 %);
- нарушение правил технологического регламента (11 %);
- износ оборудования (8 %);
- разное (13 %).

Таким образом, пожары в нефтегазовом секторе в основном имеют локальный характер и характеризуются высоким социальным пожарным риском, что может приводить к катастрофическим последствиям.

Поэтому в целях обеспечения пожарной безопасности объектов защиты (установлении требований пожарной безопасности к зданиям, сооружениям и т.д.) нефтегазовой отрасли Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает обязательное требование о необходимости классификации веществ и материалов по пожарной опасности,

используемых на предприятиях, определении их физико-химических свойств для разработки систем обеспечения пожарной безопасности [10].

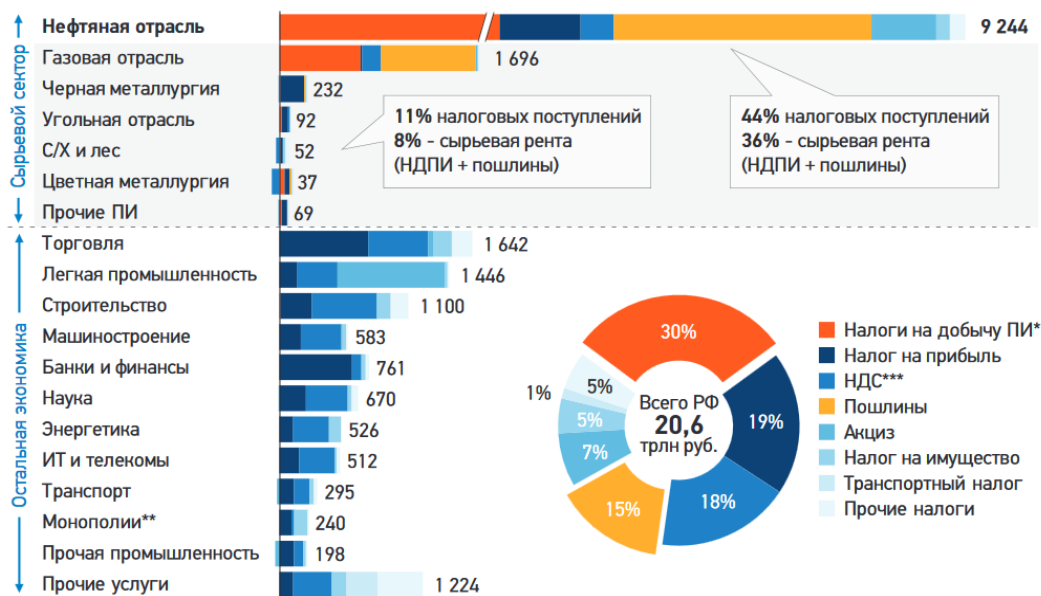


Рис. Распределение налоговых отчислений по секторам экономики (ПИ – полезные ископаемые; НДПИ – налог на добычу полезных ископаемых; ИТ – информационные технологии; НДС – налог на добавочную стоимость)

В статьях [11–13] неоднократно поднимался вопрос о многообразии пожароопасных веществ и материалов, требующих детального изучения, а также основные причины, по которым данное направление актуально. В качестве решения проблемы прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки активно применялся способ прогнозирования свойств кислородсодержащих веществ на основе молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей, который хорошо себя зарекомендовал.

Отсюда целью настоящей работы является проведение сравнительного анализа спрогнозированных значений, представленных в работе [1], и значений, указанных в справочной и нормативной литературе. В основе анализа лежит гипотеза о том, что связь между спрогнозированными значениями X и Y носит линейный характер и имеет вид (1), а оценочное уравнение регрессии имеет вид (2):

$$y = bx + a; \tag{1}$$

$$y = bx + a + \varepsilon, \tag{2}$$

где ε – некоторая ошибка; a и b – параметры оценки α и β регрессионной модели.

Некоторая ошибка (ε_i) для каждого значения случайны (i) и их параметры неизвестны, следовательно:

- X_i и Y_i можно рассчитать только после оценки параметров α и β ;
- параметры α и β – это не что иное, как численные величины a и b , которые соответствуют случайной выборке и находятся при помощи метода наименьших квадратов (МНК).

МНК представляет собой эффективную оценку параметров уравнения регрессии при условии, что имеются определенные условия относительно ошибки (ε) и независимой переменной (x). Критерии МНК можно представить в виде:

$$S = \sum (y_i - y \cdot i) \cdot 2 \rightarrow \min .$$

Система нормальных уравнений:

$$a \cdot n + b \cdot \sum x = \sum y;$$

$$a \cdot \sum x + b \cdot \sum x^2 = \sum y \cdot x.$$

Для определения основных параметров регрессии необходимо составить сводную таблицу с расчетными показателями. Ранее было отмечено, что основными параметрами будут являться спрогнозированные значения показателей пожаровзрывоопасности продуктов нефтепереработки [1] и значения [14, 15], представленные в справочной и нормативной литературе (табл. 1).

Таблица 1. Основные расчетные показатели

Вещество	T _{всп} , °C		x ²	y ²	x·y
	Прогноз (x)	Справочная (y)			
Предельные альдегиды					
2-Фенилпропаналь	70	70	4900	4900	4900
2-Метилбензальдегид	80	79	6400	6241	6320
2,5-Диметилбензальдегид	90	89	8100	7921	8010
4-Этилбензальдегид	85	83	7225	6889	7055
2,6-Диметилбензальдегид	98	97	9604	9409	9506
3,5-Диметилбензальдегид	95	94	9025	8836	8930
2,3-Диметилбензальдегид	102	101,7	10404	10342,89	10373,4
4-Бутилбензальдегид	99	100	9801	10000	9900
2,4,6-Триметилбензальдегид	101	102	10201	10404	10302
2,4,5-Триметилбензальдегид	105	111	11025	12321	11655
ИТОГО:	925	926,7	86685	87263,89	86951,4

Используя значения, представленные в табл. 1, система уравнений примет вид (3) и (4), а если представленную систему уравнений решить, то найдем параметры а и b:

$$\begin{aligned} 10 \cdot a + 925 \cdot b &= 926,7 \rightarrow \cdot(-92,5) \\ 925 \cdot a + 86685 \cdot b &= 86951,4 \rightarrow \cdot(-92,5) \\ -925 \cdot a - 85562,5 \cdot b &= -85719,75 \end{aligned} \quad (3)$$

$$925 \cdot a + 86685 \cdot b = 86951,4$$

$$1122,5 \cdot b = 1231,65$$

$$b = 1,0972$$

$$a = 10 \cdot a + 925 \cdot 1,0972 = 926,7 \quad (4)$$

$$a = 10 \cdot a = -88,245$$

$$a = -8,8245$$

Таким образом, коэффициенты регрессии b=1,0972, a=-8,8245 являются оценкой теоретических коэффициентов β, а уравнение регрессии показывает общую тенденцию в поведении рассматриваемых переменных и примет вид:

$$y = 1,0972 x - 8,8245.$$

Анализируя коэффициент регрессии $b=1,0972$, можно отметить, что он показывает прямую связь между a и b , а также среднее отклонение конечного показателя с повышением или понижением величины (x) на значение равное $1,0972$, коэффициент регрессии $a=-8,825$ предсказывает прогнозируемый уровень (y), при условии, если $x=0$ находится близко с выборочными значениями.

Если $x=0$ расположено далеко от значения (x), то прямая интерпретация, скорее всего, приведет к ошибочным результатам, причем не важно, как линия регрессии будет описывать анализируемые значения табл. 1. Определим основные параметры уравнения регрессии и представим их в виде сводной табл. 2.

Таблица 2. Значения основных параметров анализа

№ п/п	Параметр регрессии	Расчетные формулы	Результат
1	Выборочные средние	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{925}{10}$	92,5
		$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{926,7}{10}$	92,67
		$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n} = \frac{86951,4}{10}$	8695,14
2	Выборочные дисперсии	$S^2(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2 = \frac{86685}{10} - (92,5)^2$	112,25
		$S^2(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2 = \frac{87263,89}{10} - (92,67)^2$	138,66
3	Среднеквадратичное отклонение	$S(x) = \sqrt{S^2(x)} = \sqrt{112,25}$	10,595
		$S(y) = \sqrt{S^2(y)} = \sqrt{138,66}$	11,775
4	Коэффициент корреляции	$b = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - x \cdot y}{S^2(x)} = \frac{8695,14 - 92,5 \cdot 92,67}{112,25}$	1,0972
		$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 92,67 - 1,0972 \cdot 92,5$	-8,8245
5	Ковариация	$\text{cov} = (x, y) = \bar{x} \cdot \bar{y} - x \cdot y = 8695,14 - 92,5 \cdot 92,67$	123,16
6	Коэффициент линейной парной корреляции	$r_{x,y} = b \frac{S(x)}{S(y)} = 1,0972 \cdot \frac{10,595}{11,775}$	0,987
7	Коэффициент эластичности	$E = \frac{\partial yx}{\partial x y} = b \frac{\bar{x}}{\bar{y}} = 1,0972 \cdot \frac{92,5}{92,67}$	1,095
8	Бетта-коэффициент	$\beta_j = b_j \frac{S(x)}{S(y)} = 1,0972 \cdot \frac{10,595}{11,775}$	0,987
9	Ошибка аппроксимации	$\bar{A} = \frac{\sum y_{i-1} - y_i \div y_i}{n} \cdot 100\% = \frac{0,147}{10} \cdot 100\%$	1,47%

Существует шкала Чеддока, представленная ниже, которая сможет охарактеризовать связи между признаками (x) и (y), поэтому линейный коэффициент парной корреляции должен принимать значения от -1 до +1:

- 0,1 < r_{xy} < 0,3 – слабая;
- 0,3 < r_{xy} < 0,5 – умеренная;
- 0,5 < r_{xy} < 0,7 – заметная;

$0,7 < r_{xy} < 0,9$ – высокая;

$0,9 < r_{xy} < 1$ – весьма высокая.

В данном случае коэффициент парной корреляции ($r_{x,y}$) равен 0,987, что говорит о весьма высокой связи между значениями.

Для измерения результативного показателя (y) и факторного признака (x) необходимо вычислять коэффициенты эластичности и бетта-коэффициенты. В настоящей работе коэффициент эластичности (E) равен 1,095, который показывает, на сколько процентов изменится признак (y) от первоначального значения при изменении фактора (x) на 1 %, то есть фактор (x) значительно влияет на (y).

В свою очередь, бетта-коэффициент указывает на часть величины своего среднего квадратичного отклонения, что изменится в среднем значении результативного признака при изменении факторного признака на величину его среднеквадратического отклонения при фиксированном на постоянном уровне значении остальных независимых переменных. Иными словами, если признак (x) увеличить на среднеквадратичное отклонение (S_x), равное 0,987, то это приведет к увеличению среднего значения (y) на 98,7 %.

Для оценки уравнения регрессии рассчитывали ошибку аппроксимации, показывающую среднее отклонение расчетных значений от фактических. Если ошибка аппроксимации находится в пределах 5–7 %, то это свидетельствует о хорошем подборе уравнения регрессии по отношению к исходным данным, как в данном случае, поскольку ошибка аппроксимации равна 1,47 %.

Таким образом, в работе изучена зависимость (y) и (x), определена парная линейная регрессия, оценены ее параметры методом наименьших квадратов.

Кроме того, ошибка аппроксимации составила менее 2 %, что показывает высокую эффективность цифрового способа прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки на основе молекулярных дескрипторов и искусственных нейронных сетей.

Литература

1. Королев Д.С., Калач А.В. Применение «deep learning» при прогнозировании пожароопасных показателей кислородсодержащих органических соединений // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 60–66.
2. Ларченко Л.В. Нефтегазовая отрасль России: современное состояние и направления развития в условиях неопределенности // Общество. Среда. Развитие. 2019. № 1 (50). С. 9–13.
3. Степанец Л.Ю., Акопян Э.А. Анализ развития и эффективности внедрения цифровизации в нефтегазовую отрасль // Инновационная наука. 2018. № 7–8. С. 69–72.
4. Gazprom-neft (строительство завода). URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/news/gazprom_neft_nachala_stroitelstvo_pervogo_v_rossii_sovremennogo_zavoda_po_proi_zvodstvu_katalizat_etrov/ (дата обращения: 13.08.2020).
5. Статистика пожаров за 2019 год // Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020.
6. Статистика пожаров за 2018 год // Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019.
7. Статистика пожаров за 2017 год // Пожары и пожарная безопасность в 2017 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2018.
8. Статистика пожаров за 2016 год // Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2017.
9. Статистика пожаров за 2015 год // Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2016.
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г.) // Рос. газ. 2008. № 163.

11. Mathematical simulation of the process of forecasting the fire hazard properties of substances / D.S. Korolev [et all.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020.

12. Королев Д.С., Калач А.В. Прогнозирование, основанное на молекулярных дескрипторах и искусственных нейронных сетях, как способ исключения образования горючей среды // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 2. С. 68–72.

13. Королев Д.С., Калач А.В., Сорокина Ю.Н. Сравнительный анализ способов прогнозирования физико-химических свойств веществ // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2016. № 1 (23). С. 78–84.

14. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. I. 713 с.

15. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. II. 774 с.

References

1. Korolev D.S., Kalach A.V. Primenenie «deep learning» pri prognozirovanii pozharoопасnyh pokazatelej kislorodsoderzhashchih organicheskikh soedinenij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 1. S. 60–66.

2. Larchenko L.V. Neftegazovaya otrasl' Rossii: sovremennoe sostoyanie i napravleniya razvitiya v usloviyah neopredelennosti // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. 2019. № 1 (50). S. 9–13.

3. Stepanec L.Yu., Akopyan E.A. Analiz razvitiya i effektivnosti vnedreniya cifrovizacii v neftegazovuyu otrasl' // Innovacionnaya nauka. 2018. № 7–8. S. 69–72.

4. Gazprom-neft (stroitel'stvo zavoda). URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-senter/news/gazprom_neft_nachala_stroitelstvo_pervogo_v_rossii_sovremennogo_zavoda_po_proi-zvodstvu_katalizat_орov/ (data obrashcheniya: 13.08.2020).

5. Statistika pozharov za 2019 god // Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2020.

6. Statistika pozharov za 2018 god // Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2019.

7. Statistika pozharov za 2017 god // Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2017 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2018.

8. Statistika pozharov za 2016 god // Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2017.

9. Statistika pozharov za 2015 god // Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2016.

10. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnej bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (odobr. Sov. Federacii 11 iyulya 2008 g.) // Ros. gaz. 2008. № 163.

11. Mathematical simulation of the process of forecasting the fire hazard properties of substances / D.S. Korolev [et all.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020.

12. Korolev D.S., Kalach A.V. Prognozirovanie, osnovannoe na molekulyarnyh deskriptorah i iskusstvennyh nejronnyh setyah, kak sposob isklyucheniya obrazovaniya goryuchej sredy // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2016. № 2. S. 68–72.

13. Korolev D.S., Kalach A.V., Sorokina Yu.N. Sravnitel'nyj analiz sposobov prognozirovaniya fiziko-himicheskikh svojstv veshchestv // Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MCHS Respubliki Belarus'. 2016. № 1 (23). S. 78–84.

14. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. Ch. I. 713 s.

15. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. Ch. II. 774 s.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности создания компьютерных систем имитационного моделирования. Рассмотрены возможности разработанной компьютерной системы имитационного моделирования, созданной на алгоритмическом языке C# и позволяющей создавать имитационные модели в виде консольных программ на языке C#.

Ключевые слова: алгоритмический язык C#, имитационная модель, компьютерная программа

THE PROBLEM OF DEVELOPMENT THE MEANS OF SIMULATION MODELING

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the problem of development the means of simulation modeling. The centre of attention use descriptions of development the computing system of simulation modeling on algorithmic language C#.

Keywords: algorithmic language C#, simulation model, computing program

«Имитационная модель – это формальное описание процесса функционирования исследуемой системы, взаимодействия её компонент во времени, учитывающее наиболее существенные причинно-следственные связи, присущие системе и обеспечивающие проведение компьютерных экспериментов [1]».

Процесс (алгоритм) функционирования системы моделируют в виде программы, реализуемой на ЭВМ. Для объекта, состоящего из множества элементов, разрабатываются алгоритмы работы как системы в целом, так и элементов системы.

В процессе имитационного моделирования используется модельное представление времени, которое дискретно и по которому организуется синхронизация событий в модели.

«Создание имитационной модели происходит в несколько этапов [1]:

1. Постановка задачи исследования объекта.
2. Построение концептуальной модели, которая включает описание параметров объекта-оригинала, описание показателей качества объекта, состав и способы представления исходных данных и результатов моделирования.
3. Построение математической модели, включая разработку алгоритма и моделирующей программы для ЭВМ. Компьютерная имитационная модель (программа для ЭВМ) может быть создана с помощью языков программирования (Basic, C++, C#, Fortran, Pascal и т.д.), языков моделирования (GPSS, Simula, Lisp и т.д.) и универсальных математических пакетов (MatLab, Mathcad, Maple).
4. Проверка работы и корректировка программы, включающая структурные и локальные изменения имитационной компьютерной модели.
5. Исследование модели, которое включает в себя исследование свойств имитационной модели и исследование с помощью имитационной модели объекта-оригинала.
6. Анализ результатов имитационного моделирования.

«Имитационное моделирование имеет следующие достоинства [2]:

– возможность детального описания функционирования компонентов системы;

- возможность исследования динамики системы, включая все возможные ситуации работы системы (в том числе аварийные режимы);
- возможность более эффективно выполнять исследование, проектирование и оптимизацию системы (процесса), так как работа с имитационной компьютерной моделью позволяет учитывать влияние множества различных параметров».

Компьютерная система имитационного моделирования

Компьютерная система имитационного моделирования (СИМ или Simulation Modeling System – SMS) содержит программу-оболочку пользовательского сервиса (ПОПС), обеспечивающую сервис при работе с шаблонами имитационных моделей, текстовыми и графическими файлами, содержащими исходные данные, результаты моделирования и справочную информацию.

Возможности и особенности разработанной СИМ следующие:

- возможность использования для разработки имитационных моделей базовых шаблонов, описывающих системы массового обслуживания [3] и системы автоматического управления (САУ) [4], использующих нечеткую логику [5, 6], нечеткую кластеризацию [6], нейронные сети [6, 7], генетические алгоритмы [6, 7] и методы решения дифференциальных уравнений [8];
- возможность непосредственной работы с шаблоном на популярном языке программирования C# в процессе разработки компьютерной имитационной модели;
- в процессе компиляции создается консольная программа, не требующая тщательной разработки графического интерфейса, что позволяет сосредоточиться на логике компьютерной имитационной модели;
- возможность изменения атрибутов объектов и глобальных переменных компьютерной имитационной модели;
- возможность использования математических выражений и функций;
- возможность получения случайных чисел с заданным законом распределения;
- возможность построения диаграмм и графиков, включая трехмерные графики;
- возможность пополнения набора базовых шаблонов имитационных моделей путем разработки шаблонов на языке C# в данной СИМ или в интегрированных средах разработки программного обеспечения, например, в Microsoft Visual Studio.

На рис. 1 представлен интерфейс ПОПС разработанной компьютерной СИМ в режиме загрузки базовых шаблонов на языке C#.

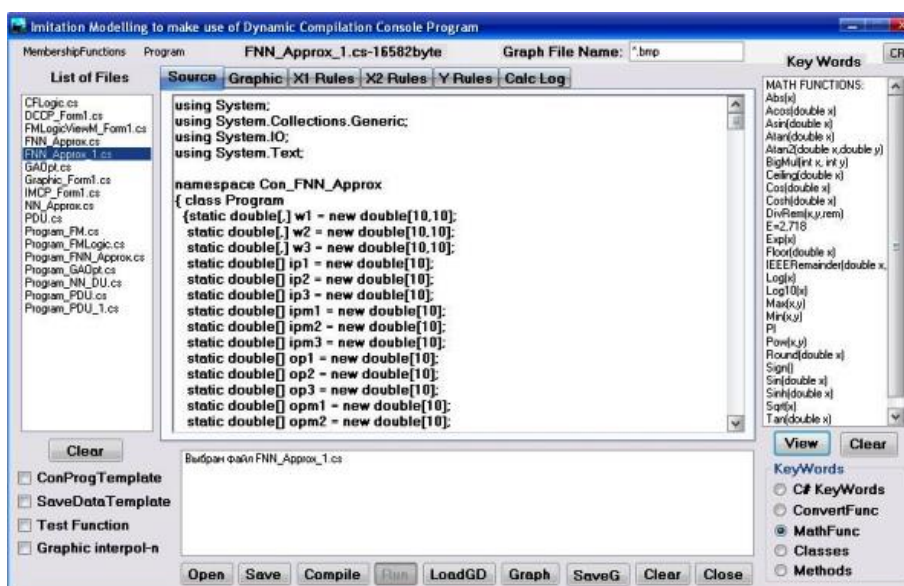


Рис. 1. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «Source»

В левое окно программы выводится список файлов – шаблонов консольных приложений. Содержание выделенного файла из списка левого окна вставляется в центральное окно. В центральном окне осуществляется просмотр и редактирование выбранного шаблона. В правом окне производится просмотр по выбору списка ключевых слов языка C#, списка встроенных функций преобразования типов, списка встроенных математических функций, списка классов или списка методов классов. Выделенный элемент списка правого окна помещается в буфер обмена и может быть вставлен в нужное место шаблона в центральном окне. В нижнее окно выводится информация процесса компиляции файла, включая информацию об ошибках компиляции. С помощью меню «Templates» можно загрузить базовые шаблоны консольных приложений.

На рис. 2 представлена блок-схема событий интерфейса ПОПС модуля редактирования шаблона на языке C#, его компиляции и запуска исполняемого файла.

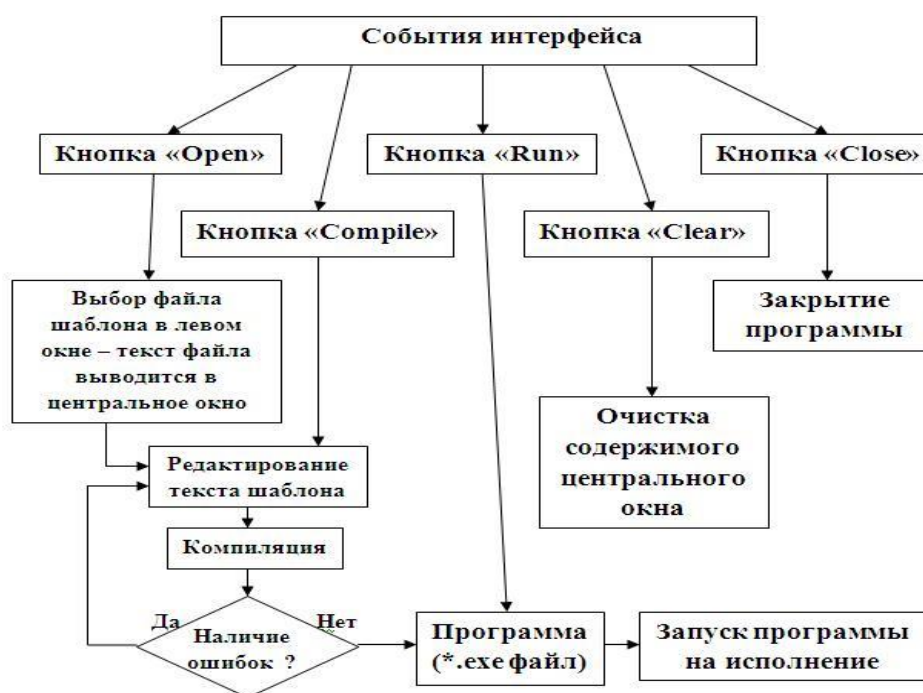


Рис. 2. Блок-схема событий интерфейса ПОПС

ПОПС создана с использованием языка программирования C# в среде Visual Studio фирмы Microsoft. ПОПС имеет модульную структуру и состоит из следующих модулей:

- модуль редактирования шаблона на языке C#, его компиляции и запуска исполняемого файла (консольной программы);
- модуль подготовки исходных данных для шаблона имитационной модели системы массового обслуживания (СМО);
- модуль подготовки исходных данных для шаблона имитационной модели сети массового обслуживания (СеМО);
- модуль подготовки исходных данных для системы нечеткого вывода;
- модуль загрузки базовых шаблонов на языке C# по системам и сетям массового обслуживания, системе автоматического управления, нечеткой логике, нечеткой классификации, нейронным сетям, генетическим алгоритмам и численным методам решения дифференциальных уравнений;
- модуль вывода исходных данных и результатов расчетов в текстовом и графическом (графики и диаграммы) виде и сохранения их на диске, соответственно, в виде файлов *.TXT, *.RTF и *.BMP;
- модуль просмотра справочной информации.

На рис. 3 представлен интерфейс ПОПС в режиме подготовки данных и просмотра результатов для модели СМО.

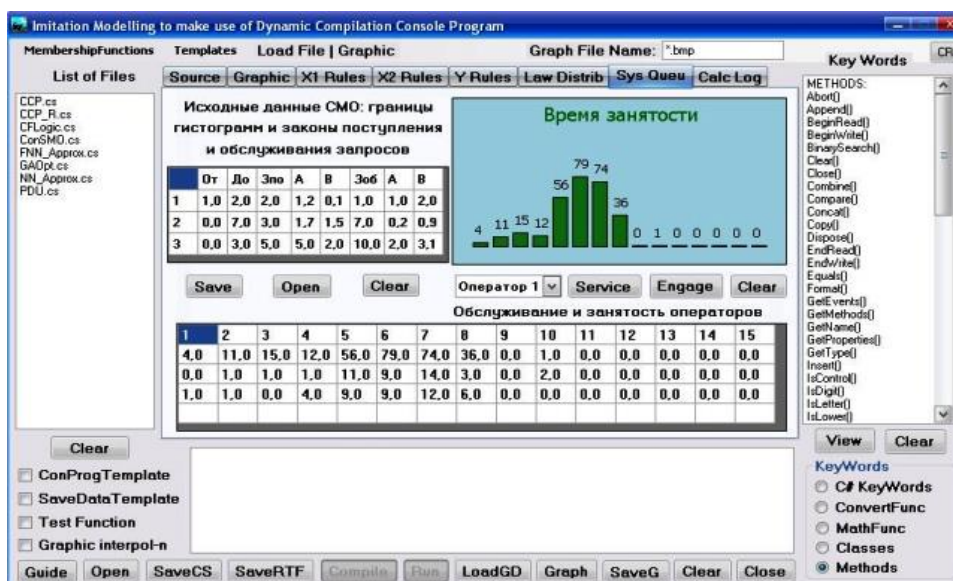


Рис. 3. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «SysQ»

На рис. 4 представлен интерфейс ПОПС в режиме подготовки данных и просмотра результатов для модели СеМО.

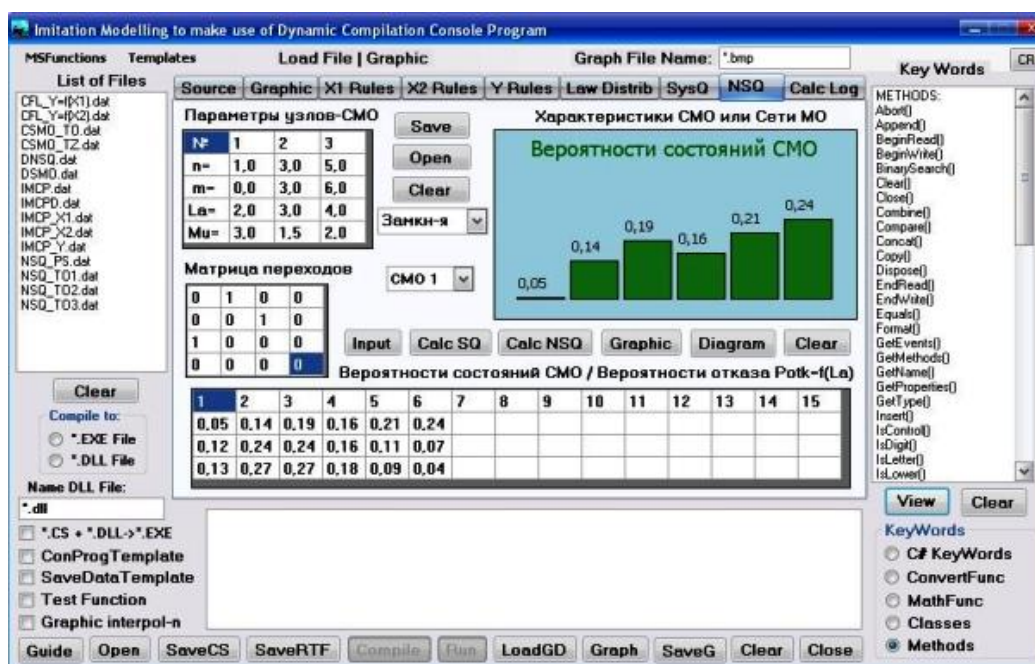


Рис. 4. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «NSQ»

При компьютерном моделировании нечеткая логика обычно реализуется в виде системы нечеткого вывода [5]. На рис. 5 представлен интерфейс ПОПС в режиме подготовки данных для системы нечеткого вывода.

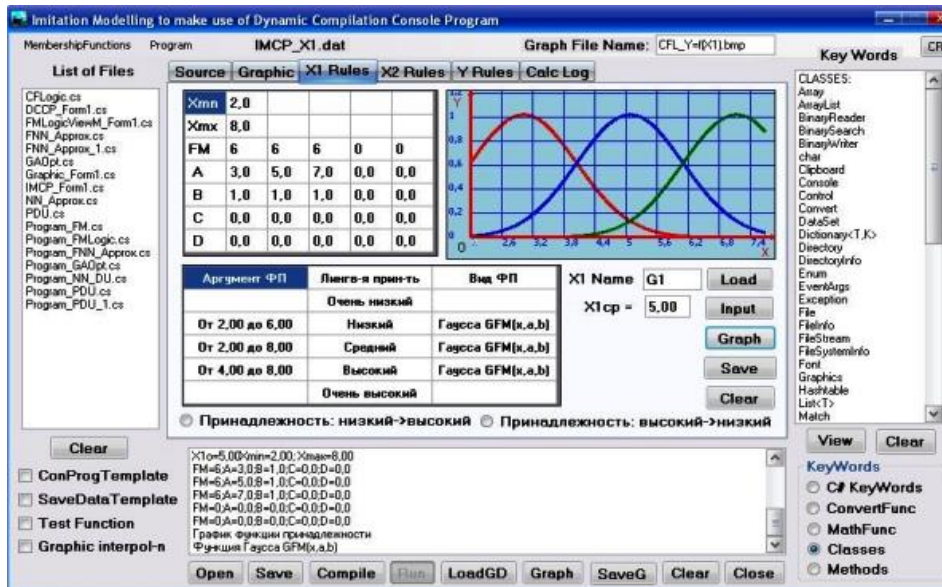


Рис. 5. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «X1 Rules»

На рис. 6 представлен интерфейс ПОПС в режиме вывода результатов в графическом виде.

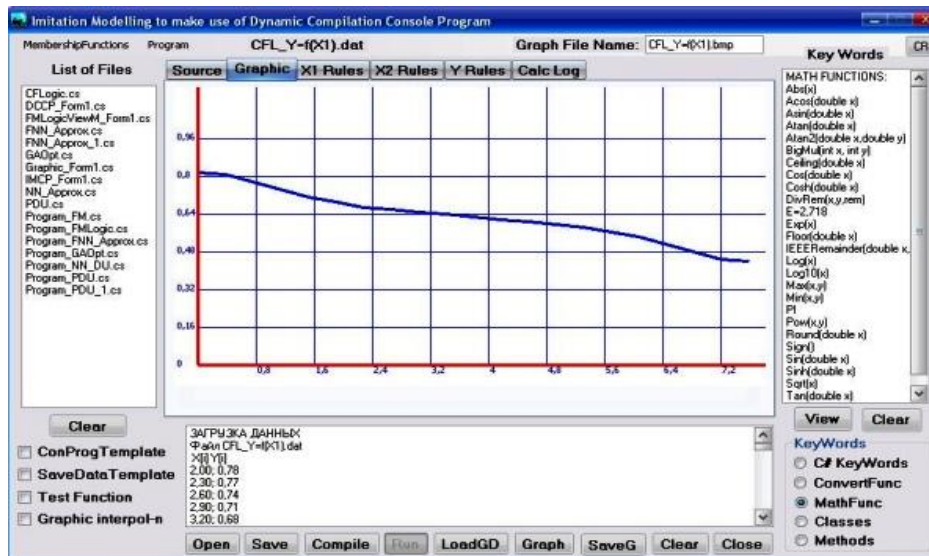


Рис. 6. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «Graphic»

Модуль ПОПС подготовки исходных данных для СМО позволяет производить выбор типов законов поступления и обслуживания запросов из 10 типов законов распределения (Барра, Вейбулла, Лапласа, Парето, Релея, Эрланга и др.) на вкладке «Law Distrib». Далее задаются исходные данные СМО, которые сохраняются в файле на диске (вкладка «SysQ»).

Модуль ПОПС подготовки данных для СеМО позволяет производить моделирование сети массового обслуживания, в узлах которой расположены СМО с экспоненциальной плотностью распределения событий (пуассоновский поток). Моделируются замкнутые и незамкнутые СеМО, в узлах которых расположены одноканальные и многоканальные СМО с отказами и с ожиданием при ограниченной и неограниченной длине очереди ожидания. Переход заявок от узла к узлу имеет случайный характер и задается матрицей переходов СеМО. Модель оценивает вероятности состояний СеМО, среднее число заявок в каждом узле сети и вероятности незанятости СМО как узлов сети (рис. 4).

На рис. 7 представлен интерфейс ПОПС в режиме вывода текстовой и графической (блок-схема) информации в процессе загрузки базового шаблона по нейронным сетям.

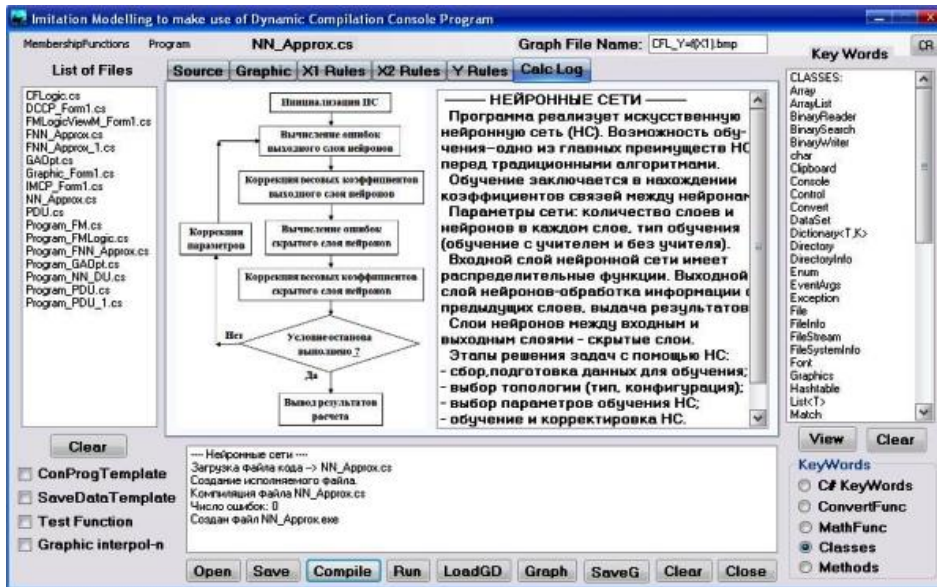


Рис. 7. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «Calc Log»

Модуль ПОПС подготовки исходных данных для системы нечеткого вывода позволяет производить выбор типа функции принадлежности из представленных в графическом виде 9 типовых функций (меню «MembershipFunction»). Далее, исходя из особенностей моделируемого объекта, производится задание параметров функций принадлежности и создание базы продукционных правил с указанием диапазонов изменения аргумента и вида функций принадлежности, а также лингвистической принадлежности переменных (рис. 5).

Базовый шаблон компьютерной модели САУ описывает систему охлаждения и автоматическое управляющее устройство (система управления), которое управляет расходом охлаждающей жидкости. Модель реализует три режима управления: четкое управление, нечеткое управление и нейро-нечеткое управление. На рис. 8 представлен интерфейс ПОПС в режиме вывода графика изменения расхода охлаждающей жидкости при нейро-нечетком управлении. Исходные данные: значение начального уровня жидкости в баке $H_0=1,5$ м и ступенчатое изменение требуемого уровня жидкости H_z от 0,8 м до 1,2 м.

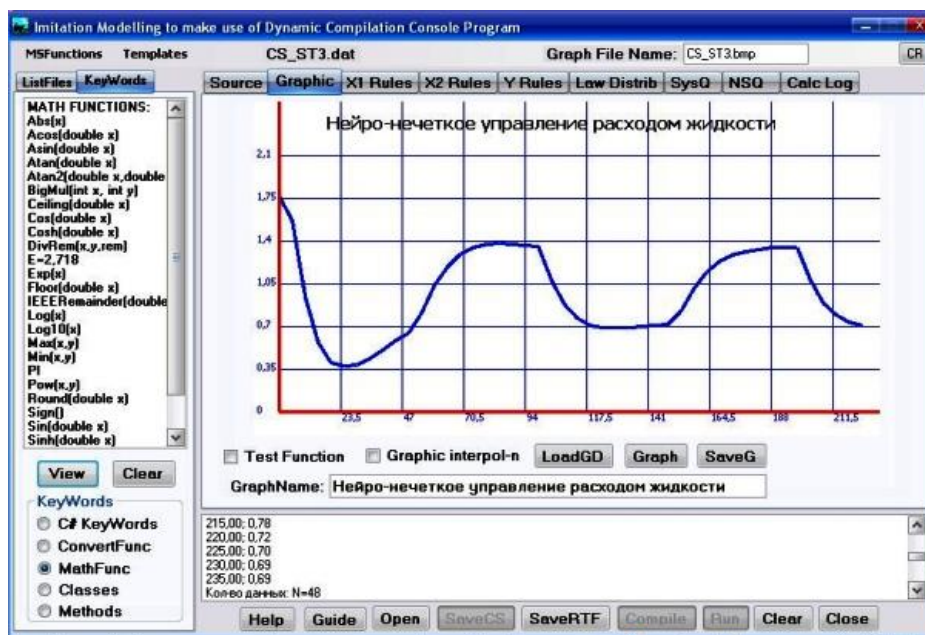


Рис. 8. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «Graphic»

Базовый шаблон компьютерной модели нечеткой кластеризации описывает систему автоматической классификации множества объектов, которые задаются векторами признаков в пространстве признаков. В результате определяются кластеры и классифицируются объекты. Объекты принадлежат всем кластерам с определенной функцией принадлежности. Степень принадлежности объекта кластеру определяется расстоянием от объекта до центра кластера. На рис. 9 представлен интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «FCGraph» с окном графического представления 16 объектов, объединенных в три кластера трех цветов.

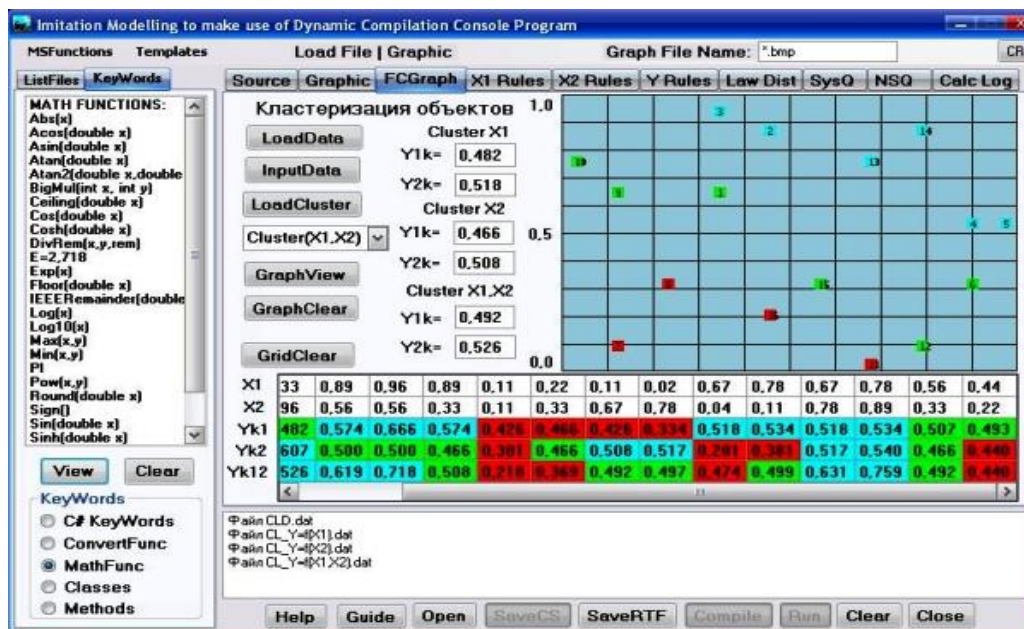


Рис. 9. Интерфейс ПОПС с открытой вкладкой «FCGraph»

В состав системы компьютерного моделирования SMS входит программа Graph3D построения графиков функций двух переменных $Y=f(X1, X2)$ в трехмерном виде. Пример построения трехмерного графика представлен на рис. 10.

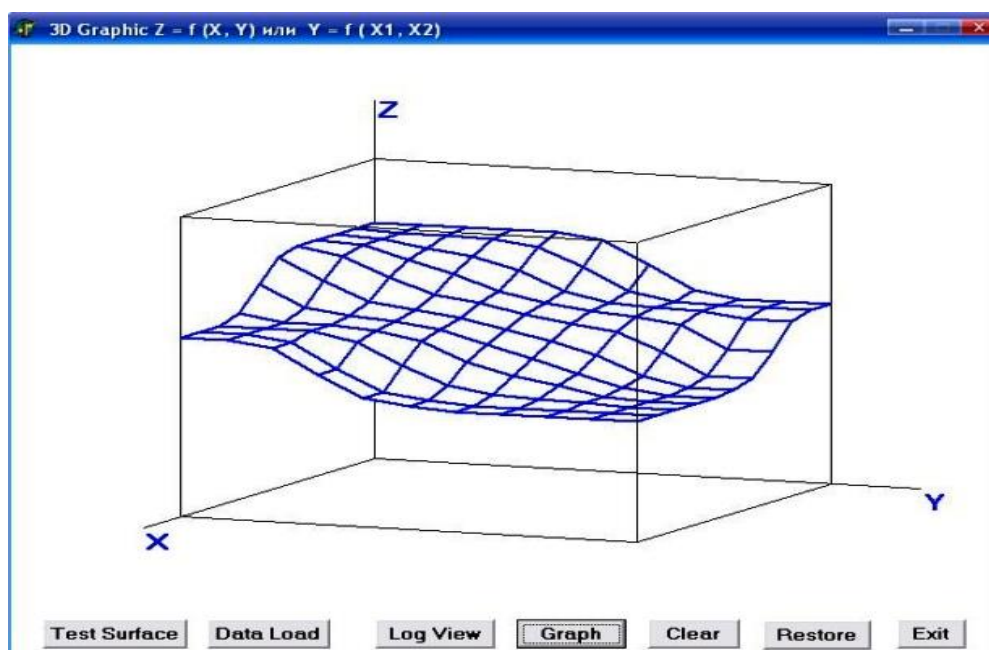


Рис. 10. Окно программы Graph3D построения трехмерного графика

Создание имитационной модели с использованием ПОПС, разработанной СИМ, происходит в несколько этапов:

– подготовка исходных данных (данные для модели с нечеткой логикой подготавливаются с помощью вкладок «X1 Rules», «X2 Rules», «Y Rules» с последующей записью данных в файлы IMCP_X1.dat, IMCP_X2.dat, IMCP_Y.dat на диске, данные для модели СМО подготавливаются с помощью вкладок «Law Distrib» и «Sys Q» с последующей записью данных в файл DSMO.dat на диске, данные для модели СеМО подготавливаются с помощью вкладки «NSQ» с последующей записью данных в файл DNSQ.dat на диске, для остальных моделей данные подготавливаются путем корректировки соответствующих шаблонов);

– ввод и корректировка базовых шаблонов (меню «Templates» или кнопка «Open», вкладка «Source», центральное окно);

– компиляция шаблона и запуск исполняемого файла консольной программы (кнопки «Compile» и «Run»), в случае наличия ошибок (нижнее окно) необходима коррекция текста шаблона (вкладка «Source», центральное окно);

– просмотр результатов расчета (нижнее окно, вкладка «Calc Log», просмотр графической информации – кнопки «LoadGD» и «Graph», вкладки «Graphic», «FCGraph», кнопки «Engage» и «Service», вкладка «Sys Queue»);

– сохранение текста отредактированного шаблона и результатов на диске – кнопки «Save» и «SaveG»;

– сохранение текста на языке C#, описывающего имитационную модель в виде консольной программы, в файле *.RTF – кнопка «SaveRTF».

Вывод: существует достаточно большое число компьютерных СИМ, позволяющих создавать имитационные модели с помощью различных языков программирования, языков моделирования, универсальных математических пакетов и специализированных пакетов программ. Разработанная компьютерная СИМ создает имитационные модели в виде консольных программ на языке программирования C#.

Литература

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2011.

2. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2014.

3. Лабинский А.Ю. Моделирование системы массового обслуживания с использованием нейронной сети // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 52–56.

4. Лабинский А.Ю., Нефедьев С.А., Бардулин Е.Н. Использование нечеткой логики и нейронных сетей в системах автоматического управления // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 1. С. 44–50.

5. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2 (18). С. 5–10.

6. Лабинский А.Ю. Перспективные направления компьютерного моделирования сложных процессов и систем: монография. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2017.

7. Лабинский А.Ю., Подружкина Т.А. Особенности использования генетических алгоритмов и нейронных сетей // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 4 (16). С. 56–61.

8. Лабинский А.Ю. Моделирование случайного процесса с использованием принципа квазирегулярности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2019. № 1 (29). С. 41–45.

References

1. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie sistem: ucheb. posobie dlya vuzov. M.: Vyssh. shk., 2011.
2. Lou A.M., Kel'ton V.D. Imitacionnoe modelirovanie. SPb.: Piter, 2014.
3. Labinskij A.Yu. Modelirovanie sistemy massovogo obsluzhivaniya s ispol'zovaniem nejronnoj seti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 52–56.
4. Labinskij A.Yu., Nefed'ev S.A., Bardulin E.N. Ispol'zovanie nechetkoj logiki i nejronnyh setej v sistemah avtomaticheskogo upravleniya // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 1. S. 44–50.
5. Labinskij A.Yu. Modelirovanie sistemy nechetkogo vyvoda // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2016. № 2 (18). S. 5–10.
6. Labinskij A.Yu. Perspektivnye napravleniya komp'yuternogo modelirovaniya slozhnyh processov i sistem: monografiya. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017.
7. Labinskij A.Yu., Podrzhkina T.A. Osobennosti ispol'zovaniya geneticheskikh algoritmov i nejronnyh setej // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2015. № 4 (16). S. 56–61.
8. Labinskij A.Yu. Modelirovanie sluchajnogo processa s ispol'zovaniem principa kvaziregulyarnosti // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2019. № 1 (29). S. 41–45.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 338.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИ АНАЛИЗЕ И ОЦЕНКЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА ДОКУМЕНТООБОРОТА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Н.В. Мартинович.

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

Воронежский институт ФСИН России.

А.А. Мельник, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена общему описанию метода определения показателя информационной нагрузки, возникающей при документообороте в организации, на примере типового пожарно-спасательного подразделения МЧС России. Определение показателя предлагается проводить на основе исследования организации системы делопроизводства, основанного на количественном выражении исследуемых свойств системы и установлении взаимосвязей между параметрами элементов подсистем.

Ключевые слова: оценка, делопроизводство, информационная нагрузка, параметрический подход, системный анализ

APPLICATION OF THE PARAMETRIC APPROACH IN THE ANALYSIS AND EVALUATION OF THE INFORMATION FLOW OF THE FIRE AND RESCUE DOCUMENT TURNOVER

N.V. Martinovich. Siberian fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Kalach. Voronezh institute of the Russian Federal penitentiary service.

A.A. Melnik. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is devoted to a general description of the method for determining the indicator of information load arising during document management in an organization, using the example of a typical fire and rescue unit of the Russian Emergencies Ministry. The definition of the indicator is proposed to be carried out based on a study of the organization of the office work system based on the quantitative expression of the investigated properties of the system and the establishment of relationships between the parameters of the elements of subsystems.

Keywords: assessment, paperwork, information load, parametric approach, system analysis

Организация делопроизводства и управления документопотоком предприятия является значимым составляющим с точки зрения трудоемкости любой организации. В государственных, бюджетных организациях, учитывая специфику организационной структуры и спектр решаемых задач, роль трудоемкости и значимости данного вида

деятельности возрастает многократно. Зачастую управление документопотоком и анализ поступающих данных, содержащихся в данном потоке, в бюджетных организациях занимает значительную часть управленческой работы руководителя. Это косвенно подтверждается тем фактом, что в России системы электронного документооборота впервые нашли свое применение именно в государственном секторе [1, 2].

Огромное количество поступающей информации, а также постоянное увеличение объема обрабатываемых данных ставит перед руководителем задачу расширения штата сотрудников, увеличение затрат на эксплуатацию специального оборудования и программного обеспечения с возможными дополнительными расходами на приобретение его новых компонентов [1].

Необходимо отметить, что весь документооборот организации является отражением ее деятельности и должен служить для реализации ее основных целей и задач. Другими словами, каждая единица документооборота должна служить тем или иным целям и задачам организации. Избыточный поток информации, содержащийся в поступающих как внутренних, так и внешних документах, создает условия информационной перегруженности и негативно сказывается на принятии управленческих решений.

При обработке, анализе и тем более создании любого документа тратится ключевой ограниченный ресурс управленческой деятельности – время. При условии ограниченных временных ресурсов актуальным становится вопрос выбора приоритета поступающей информации и оптимизации структуры создаваемого документооборотом информационного потока [3].

Возможно предположить, что для снижения информационной нагрузки на руководителя организации и повышения качества принимаемых решений необходимо:

1. Определить документы (блоки) и информационные потоки, содержащие нерелевантную информацию.
2. Определить информационные потоки с наибольшей интенсивностью и документы (блоки), содержащие наиболее значимую для принятия управленческих решений информацию.
3. Определить ключевые для организации потоки, требующие автоматизации и повышения эффективности функционирования.

Систему документооборота любой организации в общем виде возможно разделить на входящие и исходящие документы, разделив их, в свою очередь, на внешний документооборот и внутренний.

Рассмотрим деятельность государственной бюджетной организации с точки зрения документопотока, на примере функционирования пожарно-спасательной части ГПС МЧС России [4–7].

При первой итерации анализа составим общую структурную схему информационных потоков документооборота рассматриваемой организации (рис. 1) и выделим документы внешнего и внутреннего входящего документооборота (блоки № 1 и № 2), а также определим блоки исходящих документов (блоки № 3 и № 4). Отдельно выделим блок № 5 «Управленческое решение» – данный блок отражает информационный поток, поступающий для его функционирования и информационный поток от данного блока для активации соответствующего блока с физическим документом.

Для дальнейшего анализа присвоим каждому элементу свой уникальный идентификационный номер. Необходимо отметить, что блок принятия управленческих решений имеет идентификационный номер «5*» где «*» означает, что данный блок не является процессом, в который оперируют физическим документом, но информационный поток (W5*) данного блока является результатом работы с физическими входящими и исходящими документами и является одним из основных результатов работы.

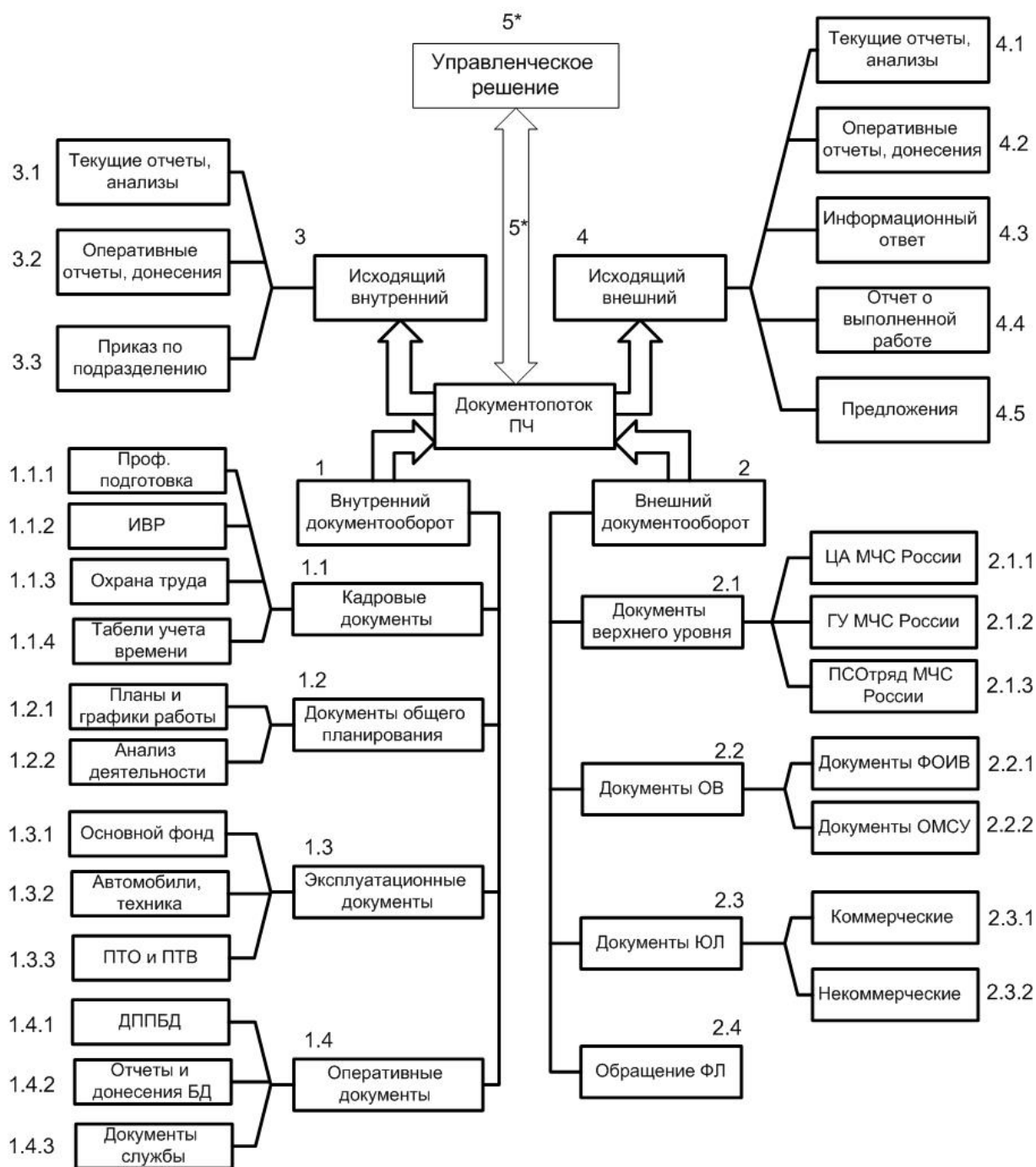


Рис. 1. Общая схема информационного потока документооборота пожарно-спасательной части ГПС МЧС России

(ИВР – индивидуально-воспитательная работа; ПТО – пожарно-техническое оборудование; ПТВ – пожарно-техническое вооружение; ДППБД – документы предварительного планирования боевых действия; БД – боевые действия; ПЧ – пожарная часть; ОВ – органы власти; ЮЛ – юридическое лицо; ФЛ – физическое лицо; ЦА – центральный аппарат; ГУ – главное управление; ПС – пожарно-спасательный; ФОИВ – федеральный орган исполнительной власти; ОМСУ – орган местного самоуправления)

На основании общей схемы информационного потока документооборота пожарно-спасательной части ГПС МЧС России представим систему потоков информации в виде комплекса графов (рис. 2).

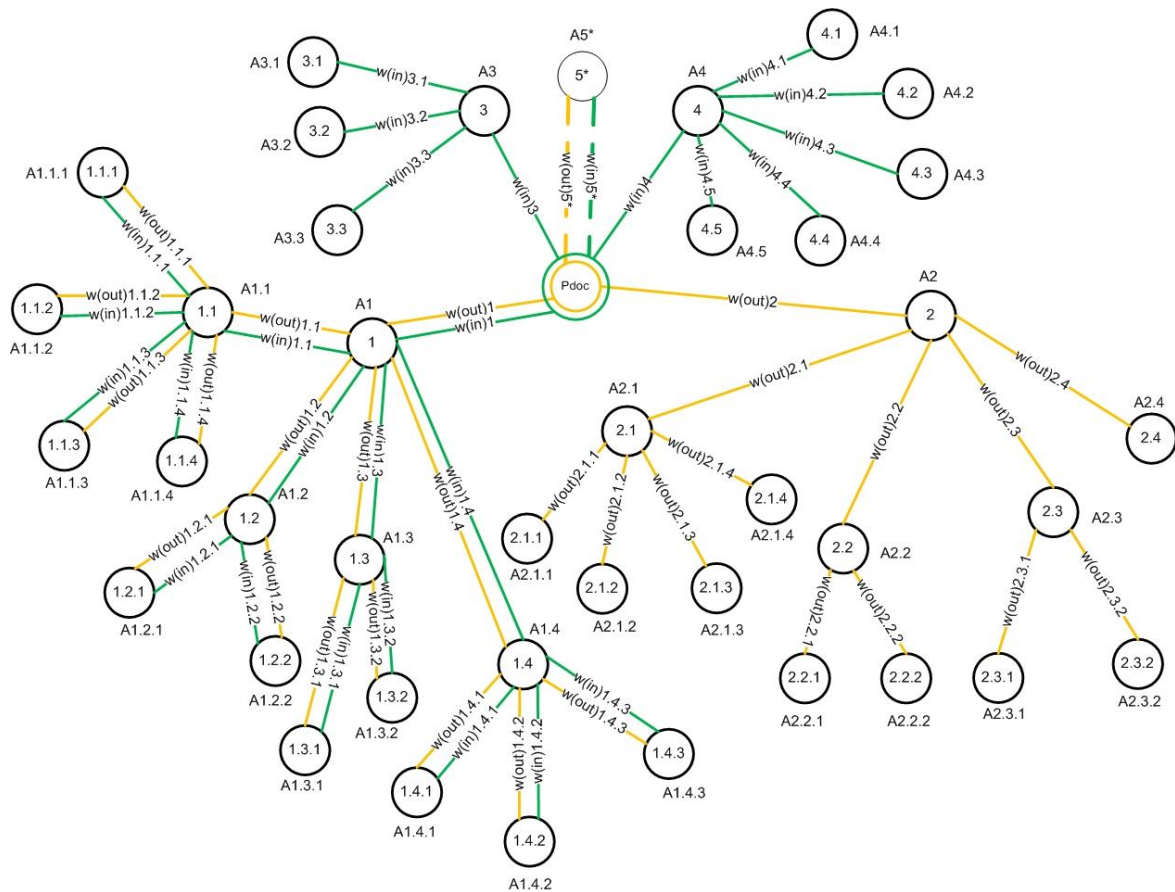


Рис. 2. Дерево информационных потоков

Центральный граф Pdoc является ключевым элементом системы и выполняет функцию анализа и распределения всего информационного потока. Количество (объем) информационного потока, проходящего через данный граф, отражает общее значение «информационной напряженности» всей системы.

Элементы дерева потока представлены пятью основными блоками, соответствующими каждой группе выделенных документов, имеют свое идентификационное значение и связаны между собой соответствующими информационными путями (связями).

На данном этапе исследования принимаем, что состояние каждого элемента можно выразить следующими значениями:

- A – количество единиц документов, объем документов (информации) в блоке;
- w – информационный (путь) поток, представленный частотой обращения к элементу. Количество событий, когда рассматриваемый элемент был активен. Под активацией элемента подразумевается использование какого-либо документа, отнесенного к данному блоку, для получения или внесения информации в него для дальнейшей работы и (или) формирования управленческого решения.

Рассматриваемый информационный поток возможно разделить на входящий и исходящий, тогда:

$$W=w(\text{in})+w(\text{out}),$$

где $w(\text{out})$ – количество запросов входящего потока, ед.; $w(\text{in})$ – количество запросов исходящего потока, ед.

Исходящий поток – это поток, который передает информацию из документа в систему к другим элементам.

Входящий поток – поток, который направлен из системы в элемент. Принимает информацию из документов системы к элементу.

Рассмотрим существующие типы потоков на полученном дереве информационных потоков. Предварительный анализ распределения типов потоков позволил выделить следующие три группы блоков документов:

1. графы (блоки), которые только передают информацию, то есть имеют только поток $w(out)$ – граф донор;
2. графы (блоки), которые только принимают информацию, то есть имеют только поток $w(in)$ – граф акцептор;
3. графы (блоки), которые принимают и передают информацию, то есть имеют поток $w(in)$ и $w(out)$ – универсальный граф.

В ходе своего жизненного цикла документ может проходить разные этапы обработки: разработка, согласование, утверждение, использование и архивация и т.д. В общем виде с точки зрения информационных потоков возможно выделить три этапа (рис. 3): этап насыщения информацией, этап применения информации, этап ожидания.

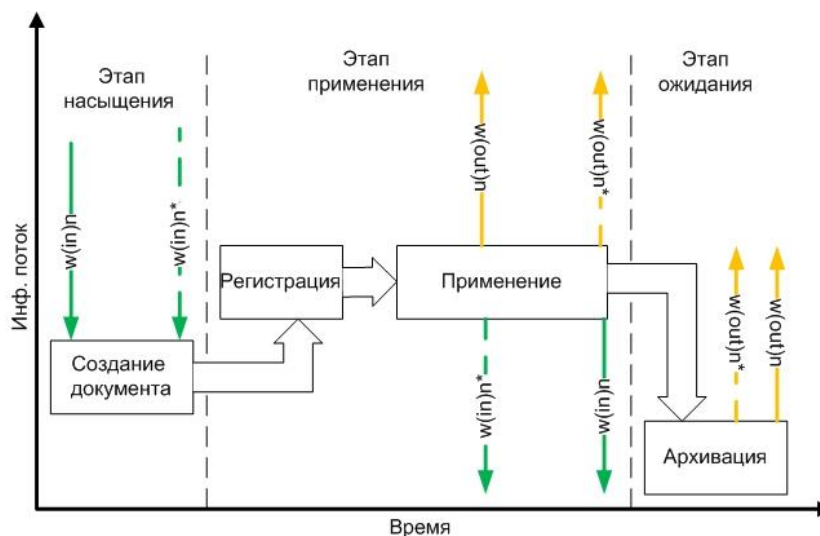


Рис. 3. Этапы жизненного цикла документа

Реализация каждого из этапов требует привлечения соответствующих ресурсов как временных, так и материальных. Каждый этап цикла документа так же может характеризоваться потоками для его реализации.

Для этапа насыщения информацией характерны только входящие потоки $w(in)$ от других элементов (блоков). Это может быть или документ, содержащий информацию и (или) управленческое решение. Они необходимы для инициации создания документа и первоначального информационного насыщения.

Для этапа применения информации характерно наличие как исходящих $w(out)$, так и входящих $w(in)$ потоков и распределение данных потоков в соответствии с алгоритмом центрального графа по системе, в том числе формируя управляющее воздействие.

Для этапа ожидания характерно наличие только исходящих потоков $w(out)$. На данном этапе документ или уже выполнил свою функцию и «отдал» информацию блокам и (или) находится в режиме ожидания для своего применения или повторной реализации информационной, управляющей функции.

Предлагаемая классификация потоков позволяет выделить группы документов, для которых необходимо предусматривать ресурсы для их создания.

На составленном дереве информационных потоков выделим группу элементов № 2. Данная группа является входящими внешними документами и состоит из элементов входящих внешних документов, сгруппированных по виду отправителя, и, соответственно, не будет иметь в своем жизненном цикле, именно в рассматриваемой системе – этапа насыщения информацией документа и необходимости в ресурсах на его создание. Условно,

блок регистрации (внесение информации входящего номера) будет для данного вида являться этапом насыщения. Для данной рассматриваемой группы также характерно наличие только исходящих потоков $w(out)$, и они классифицируются как графы доноры, являясь основным поставщиком информации в систему, совместно с блоком № 5 «Управленческое решение».

Группа № 1 является группой универсальных графов с полным этапом описанного выше жизненного цикла. В данной группе предполагается аккумуляция информации о деятельности организации и использование ее для решения задач и функций предприятия, что обуславливает наличие потоков $w(in)$ и $w(out)$.

Группы № 3 и № 4 являются группой графов-акцепторов, данная группа является результатом обработки информации групп № 1 и № 2 и содержит элементы, состоящие из исходящих документов внутренних и внешних, что обуславливает наличие только потоков $w(in)$.

Значение взвешенной суммы элементов будет определяться значениями элемента его составляющего, так значение для элемента № 1 «Внутренний документооборот» возможно представить следующим выражением:

$$A_1 = a_{1.1}\omega_{1.1} + a_{1.2}\omega_{1.2} + a_{1.3}\omega_{1.3} + a_{1.4}\omega_{1.4},$$

где A – количество единиц документов, объем документов (информации) в блоке; ω – информационный (путь) поток, представленный частотой обращения к элементу, количество событий, когда рассматриваемый элемент был активен.

Суммарным значением центрального графа (P_{doc}) будет являться объем информационного потока, проходящего через данный граф, отражает общее значение «информационной напряженности» всей системы и может быть представлено следующим выражением:

$$P_{doc} = A_1\omega_1 + A_2\omega_2 + A_3\omega_3 + A_4\omega_4 + A_5\omega_5.$$

При определении взвешенной суммы ее значение может принимать любое значение больше нуля. Для удобства анализа используем логистическую функцию следующего вида:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}.$$

Применение сигмоиды позволяет разместить полученные значения в диапазоне от 0 до 1. Далее для оценки воспользуемся вербально-числовой шкалой Харрингтона. Классическая шкала желательности делится в диапазоне от 0 до 1 на пять поддиапазонов: $[0; 0,2]$ – «очень плохо», $[0,2; 0,37]$ – «плохо», $[0,37; 0,63]$ – «удовлетворительно», $[0,63; 0,8]$ – «хорошо», $[0,8; 1]$ – «очень хорошо» [8].

Основой обобщения информации с использованием функции Харрингтона является преобразование натуральных значений частных параметров различной физической сущности и размерности в единую безразмерную шкалу желательности (предпочтительности) [8, 9].

По аналогии с классической шкалой возможно интерпретировать полученные значения интенсивности (напряженности) информационного потока в следующем виде (табл.).

Таблица. Вербально-числовая шкала Харрингтона

№	Наименование градации	Числовой интервал	Количественное значение
1	Очень низкая	0–0,2	0,10
2	Низкая	0,2–0,37	0,285
3	Средняя	0,37–0,63	0,5
4	Высокая	0,63–0,8	0,715
5	Очень высокая	0,8–1	0,90

Дальнейший анализ дерева потоков и более детального рассмотрения отдельных элементов дерева позволит определить:

1. Документы (блоки) и информационные потоки, содержащие нерелевантную (неиспользуемую) информацию. Данные документы будут содержаться в блоках с низкой интенсивностью потока, имеющих значение по показателю в диапазоне 0–0,2.

2. Информационные потоки с наибольшей интенсивностью и документы (блоки), содержащие наиболее значимую для принятия управленческих решений информацию.

3. Ключевые для организации потоки, требующие автоматизации и повышения эффективности функционирования.

Литература

1. Лапин Ю. Автоматизация документооборота. Внедрение СЭД окупается за год // Системный администратор. 2011. № 1-2 (98–99). С. 117.

2. Коломиец А.Ю. Проблемы и перспективы развития СЭД // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2014. № 19-2. С. 151–155.

3. Современное состояние электронного документооборота в уголовно-исполнительной системе / А.В. Калач [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник Воронежского института ФСИН России». 2020. № 1. С. 87–92.

4. Оценка и управление деятельностью пожарно-спасательных подразделений ГПС МЧС России / Н.В. Мартинович [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник Воронежского института ФСИН России». 2019. № 4. С. 109–116.

5. Functional model of activity of the fire and rescue unit IOP Conf. Series / N.V. Martinovich [et al] // Journal of Physics: Conf. Series 1479 (2020) 012007. doi: 10.1088/1742-6596/1479/1/012007.

6. Исследование деятельности караула пожарной части методом «process mining» / В.С. Коморовский [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 3 (55).

7. Коморовский В.С., Мартинович Н.В., Якимов В.А. Имитационная модель выезда караула пожарной части на основе анализа журнала пункта связи пожарно-спасательной части // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2014. № 4. С. 5–10.

8. О разработке модели мониторинга состояния системы комплексной безопасности закрытого административно-территориального образования / А.В. Рыбаков [и др.] // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 4. С. 65–69.

9. Сосюкин А.Е., Верведа А.Б. Практические аспекты использования функции желательности при проведении психофизиологического обследования персонала аварийно-спасательного формирования // MEDLINE.RU. Российский биомедицинский журнал. ООО «Интернет-Проект». 2015. № 3. С. 872–884.

References

1. Lapin Yu. Avtomatizaciya dokumentooborota. Vnedrenie SED okupaetsya za god // Sistemnyj administrator. 2011. № 1-2 (98–99). S. 117.

2. Kolomic A.Yu. Problemy i perspektivy razvitiya SED // Ekonomika i upravlenie v XXI veke: tendencii razvitiya. 2014. № 19-2. S. 151–155.

3. Sovremennoe sostoyanie elektronnoho dokumentooborota v ugovovno-ispolnitel'noj sisteme / A.V. Kalach [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii». 2020. № 1. С. 87–92.

4. Ocenka i upravlenie deyatel'nost'yu pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij GPS MCHS Rossii / N.V. Martinovich [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii». 2019. № 4. С. 109–116.

5. Functional model of activity of the fire and rescue unit IOP Conf. Series / N.V. Martinovich [et al] // Journal of Physics: Conf. Series 1479 (2020) 012007. doi: 10.1088/1742-6596/1479/1/012007.

6. Issledovanie deyatel'nosti karaula pozharnoj chasti metodom «process mining» / V.S. Komorovskij [i dr.] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2014. Vyp. 3 (55).
7. Komorovskij V.S., Martinovich N.V., Yakimov V.A. Imitacionnaya model' vyezda karaula pozharnoj chasti na osnove analiza zhurnala punkta svyazi pozharno-spasatel'noj chasti // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2014. № 4. S. 5–10.
8. O razrabotke modeli monitoringa sostoyaniya sistemy kompleksnoj bezopasnosti zakrytogo administrativno-territorial'nogo obrazovaniya / A.V. Rybakov [i dr.] // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. 2019. № 4. C. 65–69.
9. Sosyukin A.E., Verveda A.B. Prakticheskie aspekty ispol'zovaniya funkcii zhelatel'nosti pri provedenii psihofiziologicheskogo obsledovaniya personala avarijno-spasatel'nogo formirovaniya // MEDLINE.RU. Rossijskij biomedicinskij zhurnal. OOO «Internet-Proekt». 2015. № 3. C. 872–884.

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 342.9; 349.2

ОТДЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРАВОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ РАБОТНИКОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНСПЕКЦИИ ПО МАЛОМЕРНЫМ СУДАМ МЧС РОССИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГУМАНИТАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТОВ

**В.А. Винокуров, доктор юридических наук, профессор,
заслуженный юрист Российской Федерации;**

А.А. Корчуков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены и проанализированы отдельные положения федерального законодательства, а также Женевских конвенций и дополнительных протоколов к ним в отношении работников Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов.

Статья является продолжением работы «Отдельные вопросы правового положения лиц, осуществляющих служебную (трудовую) деятельность в системе МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов» [1].

В результате анализа существующих правовых норм сформулированы выводы, которые помогут разобраться в правовом положении работников Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов, а также урегулировать отдельные вопросы, требующие решения.

Ключевые слова: гуманитарные операции, гуманитарная деятельность, вооруженный конфликт, МЧС России, Государственная инспекция по маломерным судам МЧС России, работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России, Женевские конвенции и Дополнительные протоколы к ним

INDIVIDUAL ISSUES OF LEGAL STATUS EMPLOYEES OF THE STATE INSPECTION FOR SMALL-SIZE VESSELS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA WHEN CONDUCTING HUMANITARIAN OPERATIONS IN SITUATIONS OF ARMED CONFLICT

V.A. Vinokurov; A.A. Korchukov.

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

The article considers and analyzes certain provisions of the Federal legislation, as well as the Geneva conventions and additional protocols to them in relation to employees of the state Inspectorate for small-sized objects of the Russian emergencies Ministry when conducting humanitarian operations in armed conflicts.

The article is a continuation of the work published by the same authors, «Certain issues of the legal status of persons performing official (labor) activities in the Russian emergencies Ministry system when conducting humanitarian operations in armed conflicts» [1].

As a result of the analysis of existing legal norms, conclusions are formulated that will help to understand the legal status of employees of The state Inspectorate for small vessels of the EMERCOM of Russia when conducting military operations in armed conflicts, as well as to regulate certain issues that need to be resolved.

Keywords: humanitarian operations, humanitarian activities, armed conflict, EMERCOM of Russia, State Inspectorate for small vessels of EMERCOM of Russia, employees of the State Inspectorate for small vessels of EMERCOM of Russia, Geneva conventions and Additional protocols to them

Положением о Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 года № 868 [2], определены основные задачи, функции и полномочия МЧС России, в числе которых – осуществление мер по чрезвычайному гуманитарному реагированию, в том числе за пределами Российской Федерации (подпункт 5 пункта 7). Для решения гуманитарных задач за пределами Российской Федерации из части сил системы МЧС России предусмотрено создание российского национального корпуса чрезвычайного гуманитарного реагирования [3].

По данным, представленным в Государственном докладе «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году», в указанном году МЧС России в рамках международного сотрудничества было проведено 14 гуманитарных операций. Одним из наиболее востребованных видов международной помощи является предоставление противопожарной авиации. Воздушные суда МЧС России участвовали в тушении природных пожаров в Многонациональном Государстве Боливия, Республике Сербия и Республике Абхазия. В рамках защиты интересов российских граждан, находящихся за рубежом, в течение 2019 года осуществлено три этапа гуманитарной операции по эвакуации российских детей, в ходе которой самолетами МЧС России из Республики Ирак в Российскую Федерацию было доставлено 92 ребенка. Продолжалось оказание помощи Республике Южной Осетии по очистке ее территории от взрывоопасных предметов. Отрядом МЧС России в 2019 году обследовано более 22 гектаров юго-осетинской территории и обнаружено 286 взрывоопасных предметов, включая 40 противопехотных и 7 противотанковых мин. При координации МЧС России Российско-Армянским центром гуманитарного реагирования доставлены и переданы грузы гуманитарной помощи в Исламскую Республику Иран и Сирийскую Арабскую Республику. За счет взносов Российской Федерации в фонд Всемирной продовольственной программы Организации Объединенных Наций гуманитарную помощь получили: Республика Таджикистан, Киргизская Республика, Республика Уганда, Республика Куба, Республика Никарагуа, Йеменская Республика, Гвинейская Республика, Корейская Народно-Демократическая Республика, Народная Республика Бангладеш, Оккупированная Палестинская территория, Переходное Исламское Государство Афганистан и Союз Мьянма. В ближайшее время такую помощь получают: Республика Мозамбик, Республика Зимбабве, Республика Малави, Республика Мадагаскар, Республика Кения.

Завершен второй этап по переоснащению парка грузовых автомобилей Всемирной продовольственной программы Организации Объединенных Наций, используемых для транспортировки гуманитарных грузов автомобилями российского производства. В региональные офисы Всемирной продовольственной программы Организации Объединенных Наций в Африке и на Ближнем Востоке поставлено 97 автомобилей КамАЗ, 30 прицепов и запасные части к ним.

Наиболее масштабной гуманитарной операцией в 2019 году можно считать оказание помощи юго-восточным областям Украины. За отчетный период в Донецкую и Луганскую области было направлено 12 автомобильных конвоев, которые перевезли более пяти тысяч тонн гуманитарных грузов. В состав гуманитарных грузов вошли наборы детского питания, пожертвования библиотекам и музеям региона, а также подарки к новогодним праздникам и товары медицинского назначения [4, с. 221–222].

Современные энциклопедии объясняют гуманитарную операцию как «совокупность согласованных и взаимосвязанных по цели, месту и времени безвозмездных коллективных и (или) индивидуальных действий международных организаций, государственных и общественных организаций различных стран, конфессиональных и иных структур, частных лиц и других участников действий, направленных на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего в чрезвычайных ситуациях, или его эвакуацию из опасной зоны, оказание населению медицинской, социальной и других видов помощи» [5, с. 324]. В российском законодательстве также дается попытка растолковать понятие гуманитарных операций, в частности, как операций, проводимых в целях реагирования на кризисную ситуацию или потенциальную угрозу. В свою очередь, кризисную ситуацию законодатель определяет как ситуацию, «при которой вследствие крайнего ухудшения политической обстановки либо вооруженного конфликта, стихийных бедствий, эпидемий, крупных аварий и катастроф, а также в иных подобных случаях возникает угроза жизни и здоровью граждан одного из государств». Следует отметить, что одним из немногих показательных документов, зафиксировавших толкования указанных понятий, является Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 октября 2017 года № 2324-р «О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Кипр о взаимодействии в проведении гуманитарных операций при возникновении кризисных ситуаций» [6].

Специалисты, рассматривающие в своих работах вопросы, связанные с гуманитарными операциями, не пришли к единому мнению, что следует понимать под понятием гуманитарная операция, иногда именуемой «гуманитарная деятельность». В ряде случаев встречаются ошибочные мнения, по которым чрезвычайное гуманитарное реагирование рассматривается либо только как доставка гуманитарных грузов и помощи населению, а проведение спасательных операций, которые собственно и являются неотъемлемой частью большинства гуманитарных миссий, в данное понятие не включают [7], либо как обычная «безвозмездная помощь нуждающимся группам людей, находящимся в состоянии гуманитарного кризиса вследствие военных действий, природных катаклизмов или гражданского противостояния, направленная на обеспечение условий их физического выживания, беспрепятственного доступа к жилью, питанию, медицинской помощи, образованию, культуре», где спасению также места не нашлось [8, с. 43].

Реальные действия по чрезвычайному гуманитарному реагированию говорят об обратном. В первую очередь осуществляется спасение людей, их доставка в места лечения для восстановления здоровья, сохранение неуничтоженного имущества, а уж затем спасённые и выжившие обеспечиваются медикаментами, водой, едой, вещами и другими необходимыми для жизни предметами.

Вооруженные конфликты проходят не только на суше, но и захватывают водные участки и акватории как морские, так и речные. В настоящее время зоны вооруженных конфликтов существуют на территориях следующих государств, расположенных вблизи морей и океанов: Сирийская Арабская Республика, Украина, Федеративная Республика Сомали, Йеменская Республика, Республика Ирак, Республика Южный Судан, Государство Ливия и другие [9, 10].

В МЧС России вопросы гуманитарной деятельности возложены на лиц, осуществляющих служебную (трудовую) деятельность и состоящих на должностях в подразделениях российского национального корпуса чрезвычайного гуманитарного реагирования или осуществляющих трудовую деятельность в качестве рабочих. Несмотря

на то, что в официально опубликованных документах и справочных материалах МЧС России численный состав российского национального корпуса чрезвычайного гуманитарного реагирования и перечень входящих в него должностных лиц не приводится, рассмотрим возможность участия работников Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России в чрезвычайном гуманитарном реагировании.

Как уже было отмечено, в структуре указанного корпуса не определено подразделение, которое отвечает за спасательные операции и безопасность на водных объектах при гуманитарном реагировании. Тем не менее МЧС России имеющимися силами и средствами постоянно проводит в Российской Федерации операции по спасению людей на воде. Самыми известными операциями по спасению на воде стали катастрофа вертолета МИ-8 в г. Сочи (1997 год) и крушение теплохода «Булгария» в Республике Татарстан (2011 год) [11].

Правительство Российской Федерации своим постановлением от 23 декабря 2004 года № 835 утвердило Положение о Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, по которому работники указанной инспекции осуществляют функции по поиску и спасению людей на водных объектах и реализации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на водных объектах, что зафиксировано в подпунктах 15 и 16 пункта 5 [12]. В дальнейшем приказом МЧС России был утвержден Перечень должностей главных государственных инспекторов по маломерным судам субъектов Российской Федерации, государственных инспекторов по маломерным судам и их обязанностей, закрепивший обязанности по поиску и спасению людей на водных объектах за работниками МЧС России, занимающими конкретные должности в Государственной инспекции по маломерным судам [13].

В документах МЧС России, касающихся деятельности Государственной инспекции по маломерным судам, отсутствуют указания на то, что работники названной инспекции вправе (или обязаны) принимать участие в гуманитарных операциях за рубежом. Однако если исходить из норм продовольственного обеспечения, утвержденных приказом МЧС России от 29 апреля 2013 года № 290 [14], то государственные инспекторы по маломерным судам, отнесенные к категории «работники», по буквальному смыслу названного документа, имеют право на продовольственное обеспечение во время ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций на территориях иностранных государств, а, значит, имеют право участвовать в данных операциях.

Таким образом, учитывая акты, проанализированные авторами в статье [1], посвященной отдельным вопросам правового положения военнослужащих, проходящих военную службу по контракту в МЧС России, сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, федеральных государственных гражданских служащих и работников МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов, а также документы, рассмотренные в настоящей статье, можно сделать вывод, что в служебные командировки для решения задач по осуществлению мер по чрезвычайному гуманитарному реагированию в составе российского национального корпуса чрезвычайного гуманитарного реагирования могут направляться не только указанные выше категории государственных служащих и работников, но и работники Государственной инспекции по маломерным судам, причем на срок, который определяется работодателем с учетом объема, сложности и других особенностей служебного поручения и который не ограничен определенным числом дней. Подтверждением этому служат и нормы российского трудового законодательства, которые применяются при направлении в командировки, в том числе за границу работников и спасателей, осуществляющих деятельность в органах и организациях системы МЧС России [15, 16].

Обратимся к документам международного права. Как известно, основными международными актами, регулирующими различные вопросы, связанными с вооруженными конфликтами, являются Женевские конвенции, заключенные 12 августа 1949 года, и дополнительные протоколы к ним [17]. В пункте 4 статьи 1 Дополнительного протокола I к Женевским конвенциям под международным вооруженным конфликтом понимаются такие ситуации, в которых народы ведут борьбу против колониального господства и иностранной оккупации, а также расистских режимов и осуществления своего права на самоопределение [18].

Дополнительным протоколом II к Женевским конвенциям, в частности пунктом 1 статьи 1, под вооруженным конфликтом немеждународного характера понимается происходящий на территории государства конфликт между его вооруженными силами и антиправительственными вооруженными силами или другими организованными вооруженными группами, которые, находясь под ответственным командованием, осуществляют такой контроль над частью её территории, который позволяет им осуществлять непрерывные и согласованные военные действия [19].

В условиях международного вооруженного конфликта чрезвычайное гуманитарное реагирование возможно только в форме организаций, закрепленных в международно-правовых нормах. Деятельность этих организаций обязательно должна быть признана и осуществляться с согласия стороны, находящейся в конфликте. К таким организациям относятся:

- беспристрастные международные гуманитарные организации – статья 9 первой Женевской конвенции [20];

- постоянные медицинские формирования – статья 12 Дополнительного протокола I к Женевским конвенциям [18];

- гражданские организации гражданской обороны нейтральных государств – статья 61 Дополнительного протокола I к Женевским конвенциям [18].

Для защиты персонала гражданских организаций гражданской обороны и их объектов предпринимаются меры для их опознавания, для чего упомянутые лица в соответствии со статьей 66 Дополнительного протокола I к Женевским конвенциям обязаны носить международный отличительный знак гражданской обороны и удостоверение личности, подтверждающее их статус, а также они имеют право на ношение легкого личного стрелкового оружия [18].

Таким образом, в соответствии с Дополнительным протоколом II к Женевским конвенциям в условиях немеждународного вооруженного конфликта МЧС России может направить свои силы и средства для чрезвычайного гуманитарного реагирования только в составе беспристрастной международной гуманитарной организации или постоянного медицинского формирования. Сотрудники данных организаций будут пользоваться международной защитой и уважением в таком же объеме, что и при конфликте международного характера. Правда, следует отметить, что граждане какого-либо нейтрального государства, находящиеся на территории одного из воюющих государств, и граждане какого-либо совоюющего государства не будут рассматриваться в качестве покровительствуемых лиц до тех пор, пока государство, гражданами которого они являются, имеет нормальное дипломатическое представительство при государстве, во власти которого они находятся, что предусмотрено статьей 4 четвертой Женевской конвенции [21].

Вторая Женевская конвенция регулирует отношения, связанные с выполнением гуманитарных функций на прибрежных территориях и море в рамках немеждународного вооруженного конфликта [22].

Благодаря наличию специальных знаний и техники, работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России в рамках своей компетенции могут оказывать эффективную помощь на водных акваториях, причем могут это делать продуктивнее, чем иные подразделения, поскольку основные спасательные формирования МЧС России осуществляют свою деятельность, как правило, только на суше.

В соответствии с международно-правовыми нормами государственные инспекторы по маломерным судам, состоящие в штате МЧС России, могут оказывать помощь с учетом следующих особенностей:

– оказание помощи возможно с согласия заинтересованных сторон, находящихся в конфликте, и в качестве беспристрастной гуманитарной организации, что зафиксировано в статьях 9 и 10 второй Женевской конвенции [22];

– оказывать помощь только личному составу Вооруженных сил, ополчениям и добровольческим отрядам, входящих в состав этих Вооруженных сил; личному составу других ополчений и добровольческих отрядов, включая личный состав организованных движений сопротивления; лицам, следующим за Вооруженными силами, но не входящим в их состав; членам экипажей судов торгового флота и гражданской авиации сторон, находящихся в конфликте; населению неоккупированной территории, которое при приближении неприятеля стихийно берется за оружие для борьбы с вторгающимися войсками (как указано в статье 13 второй Женевской конвенции) [22].

При проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов сторонами используются различные технические средства, позволяющие минимизировать потери в живой силе и технике. Одним из таких важных, на взгляд авторов, средств выживания являются госпитальные суда. Нормами международного права определено, что военное госпитальное судно – это судно, построенное или оборудованное державами с целью оказывать помощь раненым, больным и потерпевшим кораблекрушение. Такие суда ни при каких обстоятельствах не могут быть подвергнуты нападению, при условии, что их названия и характеристики сообщены сторонам, находящимся в конфликте, за 10 дней до их использования. Об этом сказано в статье 22 второй Женевской конвенции [22].

По смыслу второй Женевской конвенции под международно-правовой защитой находятся любые суда независимо от их размера и характеристик, госпитальные суда и береговые учреждения, принадлежащие беспристрастным гуманитарным организациям, если они используются исключительно для целей, предусмотренных гуманитарной миссией. Медицинский, госпитальный и духовный персонал данных судов и учреждений также находится под защитой и не может быть объектом нападения даже при условии, что он вооружен для поддержания порядка, самообороны и защиты раненых и больных, а также при наличии на борту судна ручного оружия и боевых припасов, снятых с раненых, больных и потерпевших кораблекрушение.

Следует отметить, что МЧС России не может проводить спасательные операции на водных объектах в полном объеме, поскольку на вооружении отсутствуют госпитальные суда. Наличие госпитальных судов в системе МЧС России позволит поднять уровень оказания помощи не только на территории Российской Федерации при чрезвычайных ситуациях в сопряженной с вооруженными конфликтами акватории или близи ее, но и при боевых действиях в зарубежных странах, которые сопряжены с большим количеством жертв в первую очередь на воде. Госпитальные суда существуют пока только в системе Министерства обороны Российской Федерации. Но, по мнению авторов, возникла необходимость рассмотреть вопрос приобретения или передачи в качестве эксперимента части данных судов соответствующего класса (типа «река-море») в МЧС России. Передача возможна без перевода их в гражданские суда в связи с тем, что по смыслу Женевских конвенций оказывать помощь и пользоваться защитой будут как военные госпитальные суда, так и принадлежащие беспристрастным гуманитарным организациям, нейтральным государствам и частным лицам. Эксплуатацию данной техники можно было бы поручить Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России.

В результате проведенного анализа в отношении осуществления работниками Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России гуманитарных операций в зонах вооруженных конфликтов за границей, можно сделать следующие выводы:

1) с организационной точки зрения работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России являются единственными специалистами, обладающими

знаниями, навыками и техникой для осуществления задач чрезвычайного гуманитарного реагирования на водных объектах, опыт и знания которых необходимо использовать при проведении гуманитарных миссий;

2) правовое положение работников Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России, выполняющих гуманитарные миссии, зависит от их принадлежности к определенной организации, деятельность которой предусмотрена нормами международного гуманитарного права;

3) в случае немеждународного вооруженного конфликта и наличии нормального дипломатического представительства Российской Федерации на территории боевых действий, работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России, направляющиеся для чрезвычайного гуманитарного реагирования, не пользуются международной защитой и уважением;

4) береговые учреждения, суда и их экипажи пользуются международно-правовой защитой при выполнении гуманитарной миссии и имеют право на ношение оружия и хранение его на эксплуатируемых ими судах;

5) работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России, находящиеся под международной защитой, совершив действия, которые нанесли ущерб противнику, признаются комбатантами и могут стать объектом нападения и взяты в военный плен;

6) работники Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России не могут оказывать помощь в полном объеме и на должном международно-правовом уровне из-за отсутствия на вооружении МЧС России специальной техники, а именно госпитальных судов соответствующего класса.

Для решения изложенных проблем и улучшения деятельности по осуществлению мер по чрезвычайному гуманитарному реагированию, в том числе за пределами Российской Федерации, предлагается внести в Положение о Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2004 года № 835, следующие изменения:

– пункт 1 дополнить частью третьей следующего содержания:

«Государственная инспекция по маломерным судам имеет в своем составе госпитальные суда соответствующего класса, а также необходимые базы для их содержания, обслуживания и ремонта»;

– пункт 4 дополнить абзацем четвертым следующего содержания:

«осуществление мер по чрезвычайному гуманитарному реагированию, в том числе за пределами Российской Федерации»;

– подпункт 15 пункта 5 изложить в следующей редакции:

«15) участвует в поиске и спасании людей на водных объектах, включая поиск и спасание людей на водных объектах при решении задач чрезвычайного гуманитарного реагирования»;

– пункт 8 дополнить подпунктом 7 следующего содержания:

«7) по решению министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий участвовать в решении задач чрезвычайного гуманитарного реагирования на территории Российской Федерации и за ее пределами в предусмотренных законодательством Российской Федерации случаях»;

– дополнить новым пунктом 13 следующего содержания:

«13. Для решения задач чрезвычайного гуманитарного реагирования, в том числе в условиях вооруженного конфликта, допускается командирование работника Государственной инспекции по маломерным судам без его согласия на срок не более 6 месяцев в течение календарного года.

Государственному инспектору по маломерным судам, направленному в указанную командировку, может быть изменен режим рабочего времени, на него могут быть возложены дополнительные обязанности без изменения характера его основной работы с установленной в таких случаях оплатой.

Государственный инспектор по маломерным судам, направленный в указанную командировку, входит в состав международных гуманитарных организаций при выполнении задач чрезвычайного гуманитарного реагирования и вправе носить и использовать оружие для собственной защиты в случаях, предусмотренных нормами международного права».

Литература

1. Винокуров В.А., Корчуков А.А. Отдельные вопросы правового положения лиц, осуществляющих служебную (трудовую) деятельность в системе МЧС России при проведении гуманитарных операций в условиях вооруженных конфликтов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 130–140.

2. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Рос. Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2004. № 28. Ст. 2882.

3. О российском национальном корпусе чрезвычайного гуманитарного реагирования: постановление Правительства Рос. Федерации от 13 окт. 1995 г. № 1010 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 43. Ст. 4077.

4. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году: Государственный доклад. М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. 259 с.

5. Гражданская защита: энциклопедия / под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: Московская типография № 2, 2006. Т. 1 (А–И). 568 с.

6. О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Кипр о взаимодействии в проведении гуманитарных операций при возникновении кризисных ситуаций: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 23 окт. 2017 г. № 2324-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2017. № 44. Ст. 6552.

7. Смирнова Д.С. Правовой режим гуманитарной помощи // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2015. № 3 (53). С. 174–177.

8. Ипполитов С.С. Гуманитарная деятельность как объект культурологии: определение, изучение, тенденции // Культура и образование. 2018. № 2 (29). С. 36–45.

9. Мировая карта войн. Где и за что сегодня воюет человечество // ru.espresso.tv. URL: <https://ru.espresso.tv/article/> (дата обращения: 03.02.2020).

10. Географическая статистика войн и вооруженных конфликтов XXI века // topwar.ru. URL: <https://topwar.ru> (дата обращения: 03.02.2020).

11. Уникальные операции российских спасателей за последние 20 лет // rg.ru. URL: <https://rg.ru/2013/12/27/spasateli-site.html> (дата обращения: 22.01.2020).

12. Об утверждении Положения о Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: постановление Правительства Рос. Федерации от 23 дек. 2004 г. № 835 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2004. № 52. Ст. 5499.

13. Об утверждении Перечня должностей главных государственных инспекторов по маломерным судам субъектов Российской Федерации, государственных инспекторов по маломерным судам и их обязанностей: приказ МЧС России от 12 марта 2015 г. № 113 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 08.04.2015).

14. Об утверждении категорий военнослужащих, проходящих военную службу по контракту в МЧС России, сотрудников федеральной противопожарной службы

Государственной противопожарной службы, федеральных государственных гражданских служащих и работников МЧС России, имеющих право на продовольственное обеспечение в период несения дежурства, участия в полевых учениях, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, нахождения в служебных командировках на территориях иностранных государств для ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, норм и порядка их продовольственного обеспечения: приказ МЧС России от 29 апр. 2013 г. № 290 // Рос. газ. 2013. 5 июня.

15. Трудовой кодекс Рос. Федерации // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2002. № 1 (ч. I). Ст. 3.

16. Об особенностях направления работников в служебные командировки: постановление Правительства Рос. Федерации от 13 окт. 2008 г. № 749 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 42. Ст. 4821.

17. Женевские конвенции от 12 авг. 1949 г. и доп. протоколы к ним. М.: Международный комитет Красного Креста, 2015. 320 с.

18. Дополнительный протокол I к Женевским конвенциям от 12 авг. 1949 г., касающийся защиты жертв международных вооруженных конфликтов (Протокол I) (подписан в г. Женеве 8 июня 1977 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

19. Дополнительный протокол II к Женевским конвенциям от 12 авг. 1949 г., касающийся защиты жертв вооруженных конфликтов немеждународного характера (Протокол II) (подписан в г. Женеве 8 июня 1977 года). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

20. Женевская конвенция об улучшении участи раненых и больных в действующих армиях (закл. в г. Женеве 12 авг. 1949 г.) (I Женевская конвенция). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

21. Женевская конвенция о защите гражданского населения во время войны (закл. в г. Женеве 12 авг. 1949 г.) (IV Женевская конвенция). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

22. Женевская конвенция об улучшении участи раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, из состава вооруженных сил на море (закл. в г. Женеве 12 авг. 1949 г.) (II Женевская конвенция). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

References

1. Vinokurov V.A., Korchukov A.A. Otdel'nye voprosy pravovogo polozheniya lic, osushchestvlyayushchih sluzhebnyuyu (trudovuyu) deyatelnost' v sisteme MCHS Rossii pri provedenii gumanitarnykh operatsiy v usloviyakh vooruzhennykh konfliktov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 130–140.

2. Voprosy Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situatsiyam i likvidatsii posledstvij stihijnykh bedstvij: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 11 iyulya 2004 g. № 868 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2004. № 28. St. 2882.

3. O rossijskom nacional'nom korpuse chrezvychajnogo gumanitarnogo reagirovaniya: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 13 okt. 1995 g. № 1010 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1995. № 43. St. 4077.

4. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnykh situatsij prirodnoho i tekhnogennoho haraktera v 2019 godu: Gosudarstvennyj doklad. M.: MCHS Rossii. FGBU VNII GOCHS (FC), 2020. 259 s.

5. Grazhdanskaya zashchita: enciklopediya / pod obshch. red. S.K. Shojgu. M.: Moskovskaya tipografiya № 2, 2006. T. 1 (A–I). 568 s.

6. O podpisanii Soglasheniya mezhdru Pravitel'stvom Rossijskoj Federacii i Pravitel'stvom Respubliki Kipr o vzaimodejstvii v provedenii gumanitarnykh operatsiy pri vzniknovenii krizisnykh situatsij: Rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 23 okt. 2017 g. № 2324 r // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2017. № 44. St. 6552.

7. Smirnova D.S. Pravovoj rezhim gumanitarnoj pomoshchi // Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i yuridicheskie nauki, kul'turologiya i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki. 2015. № 3 (53). S. 174–177.
8. Ippolitov S.S. Gumanitarnaya deyatel'nost' kak ob'ekt kul'turologii: opredelenie, izuchenie, tendencii // Kul'tura i obrazovanie. 2018. № 2 (29). S. 36–45.
9. Mirovaya karta vojn. Gde i za chto segodnya voyuet chelovechestvo // ru.espreso.tv. URL: <https://ru.espreso.tv/article/> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
10. Geograficheskaya statistika vojn i vooruzhennykh konfliktov XXI veka // topwar.ru. URL: <https://topwar.ru> (data obrashcheniya: 03.02.2020).
11. Unikal'nye operacii rossijskikh spasatelej za poslednie 20 let // rg.ru. URL: <https://rg.ru/2013/12/27/spasateli-site.html> (data obrashcheniya: 22.01.2020).
12. Ob utverzhdenii Polozheniya o Gosudarstvennoj inspekcii po malomernym sudam Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnykh bedstvij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 23 dek. 2004 g. № 835 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2004. № 52. St. 5499.
13. Ob utverzhdenii Perechnya dolzhnostej glavnykh gosudarstvennykh inspektorov po malomernym sudam sub'ektov Rossijskoj Federacii, gosudarstvennykh inspektorov po malomernym sudam i ih obyazannostej: prikaz MCHS Rossii ot 12 marta 2015 g. № 113 // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (data obrashcheniya: 08.04.2015).
14. Ob utverzhdenii kategorij voennosluzhashchih, prohodyashchih voennuyu sluzhbu po kontraktu v MCHS Rossii, sotrudnikov federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby, federal'nykh gosudarstvennykh grazhdanskikh sluzhashchih i rabotnikov MCHS Rossii, imeyushchih pravo na prodovol'stvennoe obespechenie v period neseniya dezhurstva, uchastiya v polevykh ucheniyah, provedeniya avarijno-spasatel'nyh i drugih neotlozhnykh rabot, nahozhdeniya v sluzhebnykh komandirovkah na territoriyah inostrannykh gosudarstv dlya likvidacii posledstvij stihijnykh bedstvij i chrezvychajnykh situacij, norm i poryadka ih prodovol'stvennogo obespecheniya: prikaz MCHS Rossii ot 29 apr. 2013 g. № 290 // Ros. gaz. 2013. 5 iyunya.
15. Trudovoj kodeks Ros. Federacii // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2002. № 1 (ch. I). St. 3.
16. Ob osobennostyah napravleniya rabotnikov v sluzhebnye komandirovki: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 13 okt. 2008 g. № 749 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2008. № 42. St. 4821.
17. Zhenevskie konvencii ot 12 avg. 1949 g. i dop. protokoly k nim. M.: Mezhdunarodnyj komitet Krasnogo Kresta, 2015. 320 c.
18. Dopolnitel'nyj protokol I k Zhenevskim konvenciyam ot 12 avg. 1949 g., kasayushchijsya zashchity zhertv mezhdunarodnykh vooruzhennykh konfliktov (Protokol I) (podpisan v g. Zheneve 8 iyunya 1977 g.). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».
19. Dopolnitel'nyj protokol II k Zhenevskim konvenciyam ot 12 avg. 1949 g., kasayushchijsya zashchity zhertv vooruzhennykh konfliktov nemezhdunarodnogo haraktera (Protokol II) (podpisan v g. Zheneve 8 iyunya 1977 goda). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».
20. Zhenevskaya konvenciya ob uluchshenii uchasti ranenyyh i bol'nykh v dejstvuyushchih armiyah (zakl. v g. Zheneve 12 avg. 1949 g.) (I Zhenevskaya konvenciya). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».
21. Zhenevskaya konvenciya o zashchite grazhdanskogo naseleniya vo vremya vojny (zakl. v g. Zheneve 12 avg. 1949 g.) (IV Zhenevskaya konvenciya). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».
22. Zhenevskaya konvenciya ob uluchshenii uchasti ranenyyh, bol'nykh i lic, poterpevshih korablekrushenie, iz sostava vooruzhennykh sil na more (zakl. v g. Zheneve 12 avg. 1949 g.) (II Zhenevskaya konvenciya). Dostup iz inf.-pravovogo portala «Garant».

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 159.9:37.8

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПОВЫШЕНИЯ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМУ ПРОЦЕССУ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Р.Е. Булат, доктор педагогических наук, доцент;

А.Ю. Лебедев, кандидат технических наук;

Н.А. Никитин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Х.С. Байчорова.

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулева

Раскрываются результаты констатирующего эксперимента, направленного на поиск эффективных путей повышения качества образовательного процесса в условиях электронной информационно-образовательной среды. В рамках эксперимента проведена оценка готовности обучающихся очной формы к переходу на дистанционное обучение. Анализ психолого-педагогических особенностей дистанционного обучения выявил потенциал повышения качества профессиональной подготовки. В результате формулируется вывод о необходимости комплексной психолого-педагогической программы формирования наиболее полной готовности обучающихся к дистанционному обучению с использованием нового программного обеспечения.

Ключевые слова: электронная информационно-образовательная среда, качество образования, дистанционное обучение, готовность обучающихся, психолого-педагогические ресурсы

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL RESOURCES FOR IMPROVING STUDENTS' READINESS FOR THE EDUCATIONAL PROCESS IN AN ELECTRONIC INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT

R.E. Bulat; A.Yu. Lebedev; N.A. Nikitin.

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

Kh.S. Baychorova. Military academy of logistics of A.V. Chrulev

The article reveals the results of the ascertaining experiment aimed at finding effective ways to improve the quality of the educational process in an electronic information and educational environment. As part of the experiment, an assessment was made of the readiness of full-time

students to switch to distance learning. Analysis of the psychological and pedagogical features of distance learning revealed the potential for improving the quality of professional training. As a result, a conclusion is made about the need for a comprehensive psychological and pedagogical program for the formation of the most complete readiness of students for distance learning using new software.

Keywords: electronic information and educational environment, quality of education, distance learning, readiness of students, psychological and pedagogical resources

Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ при реализации образовательных программ с применением дистанционных образовательных технологий в организации, осуществляющей образовательную деятельность, указывает на необходимость создания условий для функционирования электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС), включающей в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств и обеспечивающей освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме, независимо от места нахождения обучающихся [1, 2]. Поэтому каждая организации, осуществляющая образовательную деятельность, постоянно совершенствует внутривузовскую ЭИОС, стремясь к созданию условий, в которых обучающиеся и педагоги могли бы наиболее полно раскрывать свой творческий потенциал, развивать свои способности, формировать в себе способности к непрерывному самосовершенствованию [1, 2].

При этом очевидно, что научно-технологический прогресс и динамика социально-экономического развития общества детерминируют дальнейшее содержательное и техническое усложнение ЭИОС, что оказывает системное воздействие на все остальные подсистемы образовательной системы вуза [3–5]. Так, например, свести к минимуму психолого-педагогический эффект от внедрения новых информационно-образовательных средств, различных обучающих программ и программного обеспечения могут не только отставание материально-технической базы вуза, но и недостаточные способности участников образовательного процесса к оперативному получению, обработке и применению информации в ЭИОС [3, 6].

При этом необходимо подчеркнуть факт того, что образовательный процесс с использованием различных современных информационных технологий обучения существенно отличается от традиционных лекций, семинаров, практических и лабораторных занятий [3, 6]. В предыдущих исследованиях авторов было доказано, что педагогу необходимо готовить учебный материал с учётом актуальной для современного поколения обучающихся модели информационного поведения, в котором существенный акцент в сфере общения делается на использование современных информационных и телекоммуникационных технологий [3, 6]. Это связано с тем, что в отличие от традиционного образования, где центральной фигурой является педагог, центр тяжести при использовании новых информационных технологий постепенно переносится на обучающегося [3, 6].

Современные информационные и телекоммуникационные технологии побуждают обучающихся к конструктивной творческой деятельности, активному освоению содержания образования, расширяют информационную базу учебных занятий, повышают активность обучающихся, способствуют развитию способностей к анализу и обобщению, улучшают связанность, широту и глубину мышления, облегчают усвоение абстрактного материала. Из пассивных получателей готовой информации обучающиеся превращаются в её активных исследователей. Происходит переход от вербальных методов обучения к методам поисковой и творческой деятельности педагога и обучающихся, способствующим развитию личности [3, 6].

Следовательно, обеспечивается активная самостоятельная работа с учебной и научной информацией – от её отбора и систематизации до превращения в персонифицированное знание, необходимое в будущей профессиональной деятельности обучающегося. Поэтому одной из задач в новой модели образования на основе ЭИОС является переориентация личной установки не только педагога, но и обучающегося на самообразование, саморазвитие, сотрудничество [3, 6].

Однако ретроспективный характер общего образования, общеизвестные недостатки ЕГЭ и другие причины негативно влияют на готовность обучающихся к психолого-педагогическим особенностям современного высшего образования.

В рамках данного исследования был организован и проведён констатирующий эксперимент, направленный на поиск наиболее эффективных путей повышения готовности обучающихся к образовательному процессу в условиях ЭИОС.

Целью констатирующего эксперимента являлась оценка готовности обучающихся по очной форме обучения к переходу на дистанционное обучение.

Содержание и структура констатирующего эксперимента включили следующие взаимосвязанные этапы: разработку анкет и их согласование на основе экспертного опроса, электронное программирование вопросов, дистанционную электронную реализацию анкет, сбор информации, обработку баз данных методами математической статистики и формулировку выводов на основе анализа полученных результатов.

Анкеты с вопросами разрабатывались по двум взаимосвязанным аспектам дистанционного обучения на основе ЭИОС:

– самооценка обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС;

– самооценка обучающихся уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения.

В констатирующем эксперименте приняло участие 546 обучающихся Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Степень участия обучающихся в констатирующем эксперименте приведена в табл. 1.

Таблица 1. Сводные данные об участниках дистанционного электронного опроса обучающихся

Название	Число респондентов, участвующих в опросе (всего респондентов)	Доля респондентов, %
Самооценка обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС	546 (889)	61,4
Самооценка обучающихся уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения	482 (889)	54,2

Данные, приведённые в табл. 1, показывают, что в самооценке обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС приняли участие 546 обучающихся, что составило 61,4 % от всех респондентов. Результаты самооценки обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС приведены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2. Результаты самооценки обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС

Самооценка обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС	Число респондентов	Доля респондентов, %
Полная готовность	291	53,3
Недостаточная готовность	206	37,7
Крайне низкая готовность	49	9
Всего	546	100

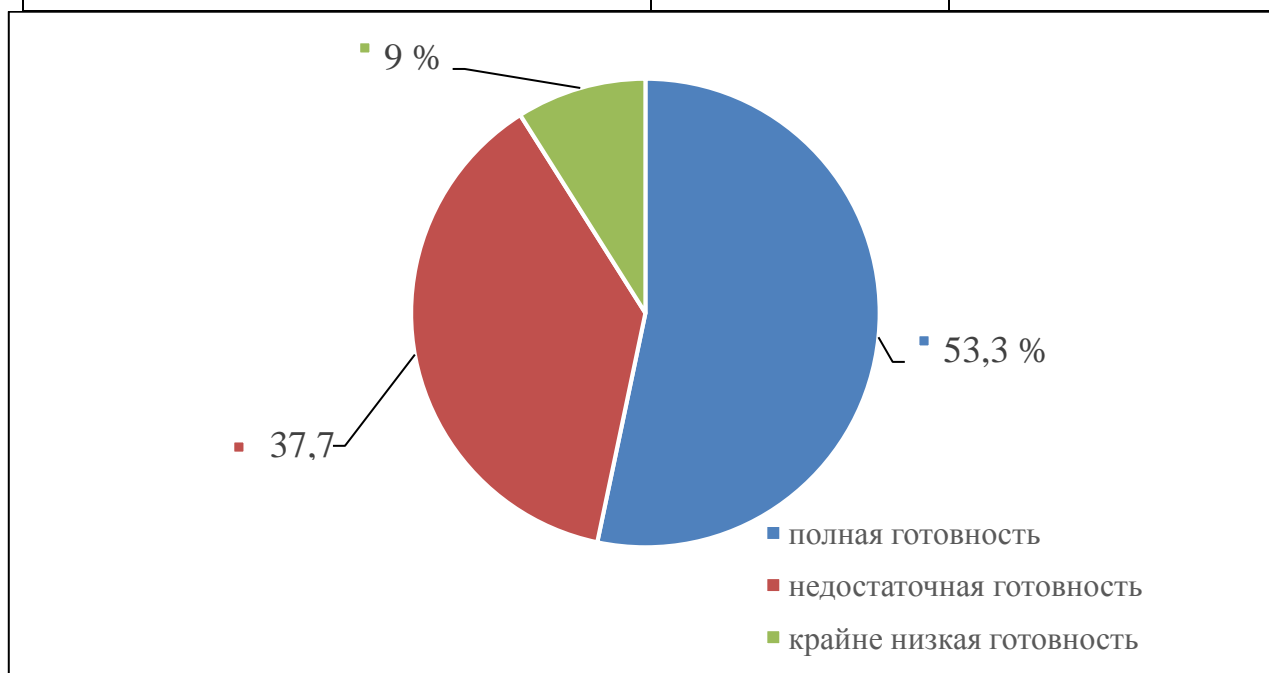


Рис. 1. Результаты самооценки обучающихся уровня собственной психологической готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС

Анализируя полученные данные, следует отметить, что почти половина обучающихся 46,7 % считают себя недостаточно готовыми продолжить обучение в дистанционном формате. При этом 9 % опрошенных оценили свою готовность как крайне низкую.

В выявлении уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения на основе самооценки обучающихся приняли участие 482 респондента, что составило 54,2 % от их общего количества. Результаты представлены в табл. 3, рис. 2.

Таблица 3. Результаты самооценки обучающихся уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения

Уровень готовности	Число респондентов	Доля респондентов, %
Полная готовность, изучение инструкции стало достаточным	102	21,2
Достаточная готовность, после прохождения обучающего семинара	269	55,8
Недостаточная готовность, требуются дополнительные занятия	93	19,3
Крайне низкая готовность, требуется обращение к специалистам	18	3,7
Всего	482	100

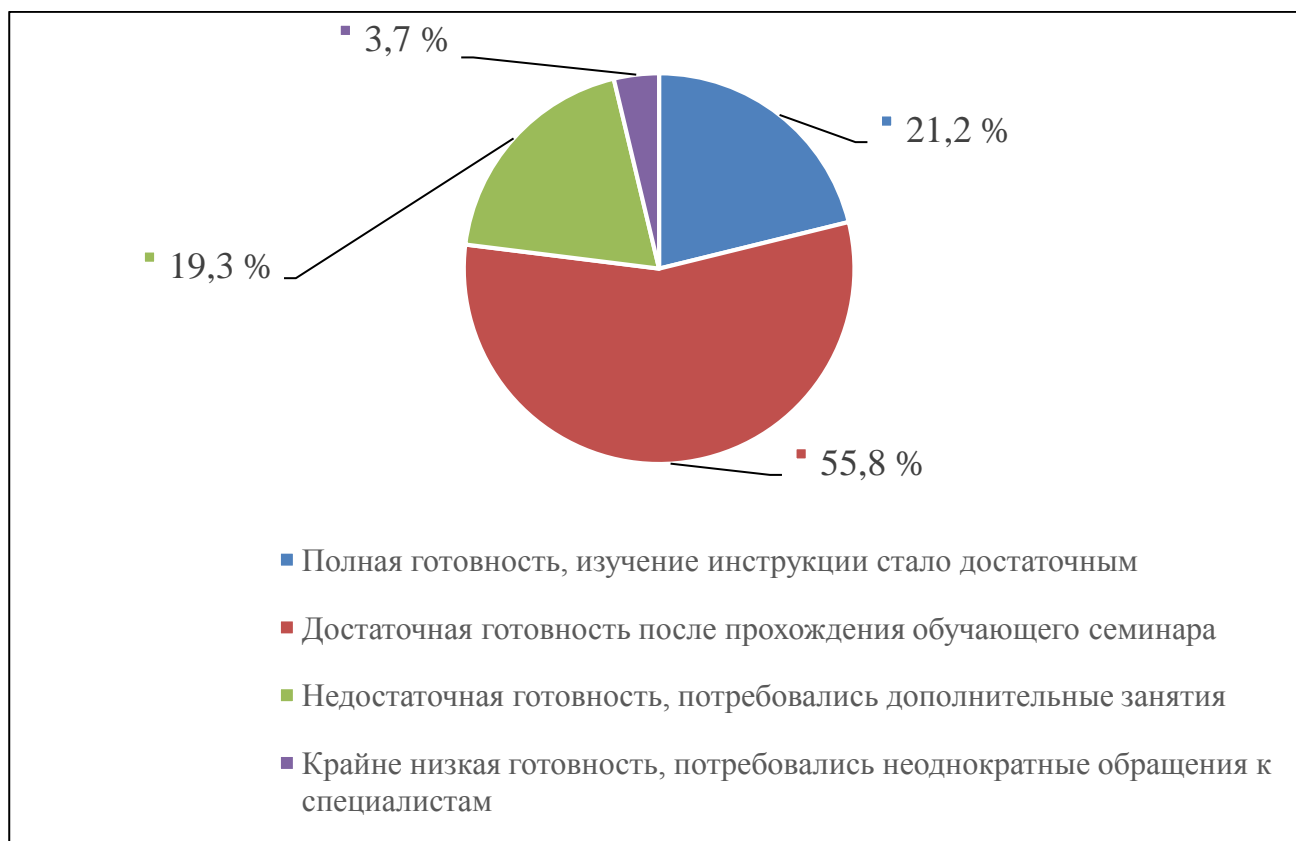


Рис. 2. Результаты самооценки обучающихся уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения

Анализ данных показал, что 78,8 % обучающихся считают себя не готовыми к использованию нового программного обеспечения. 23 % респондентов выразили свою потребность в дополнительной подготовке в качестве пользователя программным обеспечением. 55,8 % опрошенных проявили заинтересованность в дополнительных инструкторско-методических занятиях по повышению уровня готовности к дистанционному обучению на основе ЭИОС.

Таким образом, необходимо отметить, что проведённый эксперимент в целом подтвердил ранее проведённые исследования [3, 5, 6]. Так, например, авторы убедились, что современная молодежь в основном адаптивна к новым информационно-коммуникационным технологиям, знакомство с которыми начинается ещё в дошкольном возрасте. В настоящее время обучающиеся свободно чувствуют себя в сети Internet, разбираются в её возможностях, активно применяют гипертекстовые технологии, легко ориентируются в поисковых системах, которые фокусируют внимание на новизне информации, её пользе, вызывают интерес к усвоению знаний и определённый эмоциональный отклик [3, 6].

Однако проведённый анализ готовности обучающихся к психолого-педагогическим особенностям современного дистанционного обучения на основе ЭИОС выявил значительный потенциал роста качества профессиональной подготовки в вузе, который кроется в повышении:

- уровня психологической готовности обучающихся к дистанционному обучению на основе ЭИОС;
- уровня готовности обучающихся к дистанционному обучению на основе ЭИОС с использованием нового программного обеспечения.

В результате переосмысления сформулированных результатов констатирующего эксперимента пришли к выводу о том, что эффективность профессиональной подготовки может быть в значительной степени повышена за счёт:

- формирования предметного, технического, программного и методического компонентов ЭИОС вуза;
- комплексного использования ЭИОС вуза [3, 6];
- формирования готовности участников образовательного процесса к организации образовательного процесса на основе ЭИОС вуза [3, 6].

Поэтому можно утверждать, что поиск наиболее эффективных путей повышения качества образования [5, 7] в условиях информатизации образовательного процесса показал потребность в разработке комплексной психолого-педагогических программы формирования наиболее полной готовности обучающихся к дистанционному обучению на основе ЭИОС вуза с использованием нового программного обеспечения.

Литература

1. Об образовании в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 дек. 2012 г. № 273-ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 27.07.2020).
2. Методические рекомендации по проведению обучения персонала системы-112 с применением дистанционных образовательных технологий на базе образовательных организаций высшего образования МЧС России, учебных центров ФПС и учебно-методических центров субъектов Российской Федерации (утв. МЧС России 20 апр. 2016 г. № 2-4-71-18-33). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_309403/ (дата обращения: 27.07.2020).
3. Байчорова Х.С., Мурманских И.В. Информационно-коммуникативные технологии и участники образовательного процесса // *Pedagogy & Psychology. Theory and practice*. 2016. № 4 (6). С. 21–26.
4. Булат Р.Е. Качество высшего образования в вузе как педагогическая система // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки*. 2015. № 4 (232). С. 137–143.
5. Байчорова Х.С., Мурманских И.В. Преподаватель вуза в информационно-образовательной среде // *Ученые записки Забайкальского государственного университета*. 2016. Т. 11. № 5. С. 39–47.
6. Булат Р.Е. Управление качеством профессиональной подготовки в военно-технических вузах: автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2010. 47 с.
7. Булат Р.Е. Документационное обеспечение деятельности коллектива университета в системе управления качеством образования // *Инженерное образование*. 2007. № 4. С. 136.

References

1. Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii: Feder. zakon Ros. Federacii ot 29 dek. 2012 g. № 273-FZ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (data obrashhenija: 27.07.2020).
2. Metodicheskie rekomendacii po provedeniju obuchenija personala sistemy-112 s primeneniem distancionnyh obrazovatel'nyh tehnologij na baze obrazovatel'nyh organizacij vysshego obrazovanija MChS Rossii, uchebnyh centrov FPS i uchebno-metodicheskikh centrov sub#ektov Rossijskoj Federacii (utv. MChS Rossii 20.04.2016 № 2-4-71-18-33). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_309403/ (data obrashhenija: 27.07.2020).
3. Bajchorova H.S., Murmanskih I.V. Informacionno-kommunikativnye tehnologii i uchastniki obrazovatel'nogo processa // *Pedagogy & Psychology. Theory and practice*. 2016. № 4 (6). S. 21–26.
4. Bulat R.E. Kachestvo vysshego obrazovanija v vuze kak pedagogicheskaja sistema // *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Gumanitarnye i obshhestvennye nauki*. 2015. № 4 (232). S. 137–143.

5. Bajchorova H.S., Murmanskij I.V. Prepodavatel' vuza v informacionno-obrazovatel'noj srede // Uchenye zapiski Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. T. 11. № 5. S. 39–47.
6. Bulat R.E. Upravlenie kachestvom professional'noj podgotovki v voenno-tehnicheskijh vuzah: avtoref. dis. ... kand. ped. nauk. SPb., 2010. 47 s.
7. Bulat R.E. Dokumentacionnoe obespechenie dejatel'nosti kollektiva universiteta v sisteme upravlenija kachestvom obrazovanija // Inzhenernoe obrazovanie. 2007. № 4. S. 136.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ахунова Дарья Геннадьевна – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Байчорова Хафиза Срафилъевна – препод. 8 каф. (железнодорож. войск) Воен. акад. матер.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8);

Буйневич Дмитрий Викторович – зам. председателя комитета по соц. политике СПб (191144, Санкт-Петербург, ул. Новгородская, д. 20-А);

Буйневич Михаил Викторович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Булат Роман Евгеньевич – зав. каф. пед. и психол. экстрем. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, доц.;

Бутузов Станислав Юрьевич – проф. каф. инф. техн. унк асит. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, доц.;

Вилков Валерий Борисович – доц. каф. общенауч. и общетехн. дисц. Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулёва (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. физ.-мат. наук, доц.;

Винокуров Владимир Анатольевич – проф. каф. теории и ист. гос-ва и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р юрид. наук, засл. юрист РФ;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Вытовтов Алексей Владимирович – Воронеж. ин-т повыш. квалиф. сотр. ГПС МЧС России (394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231), канд. техн. наук;

Горшкова Елена Евгеньевна – ст. препод. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Дворников Сергей Сергеевич – нач. лаб. Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., д. 3), канд. техн. наук;

Десницкий Василий Алексеевич – ст. науч. сотр. лаб. проблем комп. безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: desnitsky@comsec.spb.ru, канд. техн. наук;

Елисеев Юрий Николаевич – нач. исслед. центра экспертиз. пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), канд. техн. наук;

Завьялов Дмитрий Евгеньевич – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zavialov-dmitriy@mail.ru, канд. техн. наук;

Калач Андрей Владимирович – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, состав. гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1а), д-р хим. наук, проф.;

Кожевин Дмитрий Федорович – нач. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Кондрашин Алексей Викторович – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kondrashin@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед.

и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р мед. наук, проф. засл. деят. науки РФ;

Константинова Алина Станиславовна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Королев Денис Сергеевич – Воронеж. гос. техн. ун-т (394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84), канд. техн. наук;

Корчуков Андрей Андреевич – курсант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Лебедев Андрей Юрьевич – зам. нач. ин-та – нач. орг.-метод. отд. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Левчунец Иван Владимирович – зам. нач. отд. применения геоинформ. систем ГУ НЦУКС МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1);

Лимонов Борис Семенович – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ; акад. и лауреат НАНПБ;

Ложкина Ольга Владимировна – проф. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц., д-р техн. наук;

Львова Юлия Владимировна – ст. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Максимов Александр Викторович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: helnze@mail.ru, канд. техн. наук;

Мартинovich Николай Викторович – нач. отд. прикл. исслед. и инновац. технол. науч.-техн. центра Сибирской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1);

Матвеев Александр Владимирович – зав. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Мельник Антон Анатольевич – нач. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), канд. техн. наук, доц.;

Мельник Ольга Евгеньевна – ст. науч. сотр. отд. информ. обеспеч. нас. и технол. информ. поддержки РСЧС и пож. безопасн. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Метельков Александр Николаевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук;

Мокряк Анна Васильевна – науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в эксперт. пож. исслед. центра экспертиз. пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Никитин Николай Александрович – препод.-методист отд. информ. учеб. проц. отд. технол. открытого образования СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Онищенко Игорь Анатольевич – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Онов Виталий Александрович – нач. центра орг. науч. исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: opov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Остудин Никита Вадимович – зам. нач. отд. пространств. данных упр. космич. мониторинга ГУ НЦУКС МЧС России, (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1), канд. техн. наук;

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физ.-техн. основ обеспечения пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ;

Покусов Виктор Владимирович – пред. Казах. ассоц. информ. безопасн. (Алматы, Казахстан);

Рудавин Николай Николаевич – программист лаб. проблем комп. безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: nikolay-rudavin@yandex.ru;

Руднев Евгений Владимирович – науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Савенкова Анастасия Евгеньевна – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igps.ru, канд. техн. наук;

Седнев Анатолий Владимирович – студент Московского гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана (нац. исслед. ун-та) (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5);

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почет. работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техн., лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образов.;

Сидоркин Владимир Александрович – проф. каф. упр. и экон. ГПС Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), канд. пед. наук, доц., почет. работник науки и техники РФ;

Черных Андрей Климентьевич – проф. каф. переподгот. и повыш. квалиф. спец. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук;

Чистяков Андрей Алексеевич – вед. науч. сотр. НОК ОУП ГПС Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4);

Шевцов Максим Викторович – нач. отд. орг. практик отд. орг. прикл. подгот. учеб.-науч. комплекса пожаротуш. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4);

Шидловский Григорий Леонидович – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Ярошенко Александр Юрьевич – Департамент информ. технол. и связи МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1).