

СОДЕРЖАНИЕ

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

Таранцев А.А., Сытдыков М.Р., Поташев Д.А. О пожароопасности некоторых типов автомобилей.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б. Декомпозиция факторов, влияющих на развитие горения автотранспортных средств, в закрытых автостоянках.

Панов А.А., Козлов А.А., Журавлев Ю.Ю. Алгоритм выбора сценариев пожара в зданиях, сооружениях и строениях классов функциональной пожарной опасности Ф1.3 и Ф1.2.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Процессы тепломассопереноса при зажигании недеформируемой пористо-дисперсной среды.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Медведева Л.В., Данилов И.Л., Егорова Н.И. Использование компьютерного моделирования для формирования компетенций в области спектрального анализа в вузе МЧС России.

Андрюшкин А.Ю., Мещеряков С.А., Кадочникова Е.Н. Экспериментальное определение технологических параметров механической обработки полимерных композиционных материалов и их влияние на взрывопожарную опасность.

Кузьмина Т.А. К вопросу выбора принципов функционирования ведомственных интернет-ресурсов. Часть 2.

Барнинова Ю.С., Щетка В.Ф. Анализ решения задач управления подразделениями МЧС России при чрезвычайных ситуациях на объектах нефтегазового комплекса.

Седнев В.А., Седнев А.В. Методика оценки возможностей пожарной части города по тушению пожаров в условиях военного конфликта.

Тумановский А.А., Сысоева Т.П., Агеев П.М. Использование баз данных в судебной пожарно-технической экспертизе.

Терёхин С.Н., Вострых А.В. Оценка информационной загруженности интерфейсов информационных систем МЧС России с помощью компьютерного зрения.

Седнев В.А., Седнев А.В., Трофимец В.Я. Алгоритм управления силами и средствами при оборудовании инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления.

Щетка В.Ф., Заводсков Г.Н., Онов В.А. Информационная система поддержки принятия решений по обеспечению безопасности на водном транспорте.

Буйневич М.В., Ложкина О.В., Ярошенко А.Ю. Архитектурные модели комплексной и интегрированной безопасности информационных систем: сравнительный анализ подходов.

Лабинский А.Ю., Черных А.К., Тиамийу О.А. Принятие решений при ликвидации последствий стихийных бедствий.

Ложкин В.Н. Развитие информационной технологии прогноза воздействия оксида углерода горящего торфа на огнеборца.

Мальгин И.Г., Королев О.А. Классификация изображений чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте по статистическим и амплитудным свойствам.

Кучеренко Д.В., Матвеев А.В. Графовая модель описания информационной инфраструктуры органов государственного управления Санкт-Петербурга.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Зубова Л.В., Коровин Э.В., Никитин Ю.А. Методика категорирования потенциально опасных рисков системы технологического обеспечения разработки ракетно-космической техники.

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

Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б. Опыт использования метода семантического дифференциала в образовательном процессе.

Писарев С.Н., Шклярник В.А. О необходимости применения опыта ООН для подготовки специалистов МЧС России к участию в операциях гуманитарного характера.

Грешных А.А., Рева Ю.В., Мухаммед Халли Абузалата Преподаватель и научно-исследовательская работа кафедры высшего учебного заведения.

Печников А.Н., Якуба Г.А. О целесообразности диагностики свойств креативности у военнослужащих, поступающих в адъюнктуру.

Сведения об авторах

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

УДК 629.331, 614.841

О ПОЖАРООПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ АВТОМОБИЛЕЙ

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

**Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук.**

М.Р. Сытдыков, кандидат технических наук, доцент;

Д.А. Поташев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Дан краткий обзор и приведена классификация автомобилей в зависимости от их характеристик – функционального назначения, вида силовой установки, топлива, шасси. Приведены примеры разных типов автомобилей и их схем. Даны основные рекомендации в части тушения пожаров автомобилей, в том числе с учётом взрывопожароопасности автомобилей с газобаллонными двигателями. Сделан вывод о необходимости разработки специального документа в части рекомендаций по тушению пожаров автомобилей различных типов.

Ключевые слова: автомобили, конструкция, двигатели, пожаровзрывоопасность

ABOUT THE FIRE HAZARD OF SOME TYPES OF CARS

A.A. Tarantsev.

N.S. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences.

M.R. Sytdykov; D.A. Potashev.

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

The problem of fire danger of cars is investigated. The classification of cars is presented depending on their characteristics – functional purpose, type of power plant, fuel, chassis. Examples of different types of cars and their schemes are given. The problem of fire and explosion hazard of cars is shown. The main recommendations in terms of extinguishing cars are given.

Keywords: cars, construction, propellers, fire and explosion hazard

Автомобили (αυτός – (греч.) сам, mobilis – (лат.) подвижный) [1] нашли широкое распространение в различных областях жизнедеятельности современного общества, начиная со второй половины XIX в. (рис. 1, 2). Спектры их конструкций и функциональных возможностей настолько велики, что этому может быть посвящена не одна книга [2, 3]. Условная классификация автомобилей в части их двигателей, назначения и шасси приведена на рис. 3.



Рис. 1. Берта Бенц – первая в мире женщина-автомобилистка на автомобиле Benz-Patent-Motorwagen, 1886 г.

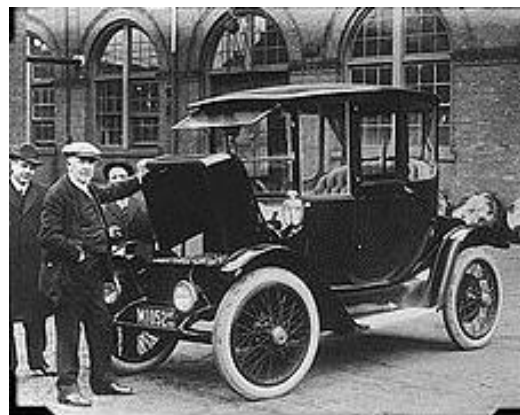


Рис. 2. Томас Эдисон у электромобиля Detroit Electric, 1907 г.

К настоящему времени наибольшую популярность завоевали автомобили с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) на жидком углеводородном топливе (бензин, дизтопливо), а также газобаллонные автомобили (ГБА). В последнем случае автомобили подразделяются на полностью газовые и комбинированные [4], то есть выполненные с возможностью работы как на бензиновом или дизельном топливе, так и на газе. На рис. 4 а показан грузовой автомобиль с ДВС, работающем только на газе (баллон на месте бензобака), на рис. 4 б – газовый баллон в багажнике автомобиля с комбинированным ДВС, работающем как на бензине, так и на газе.

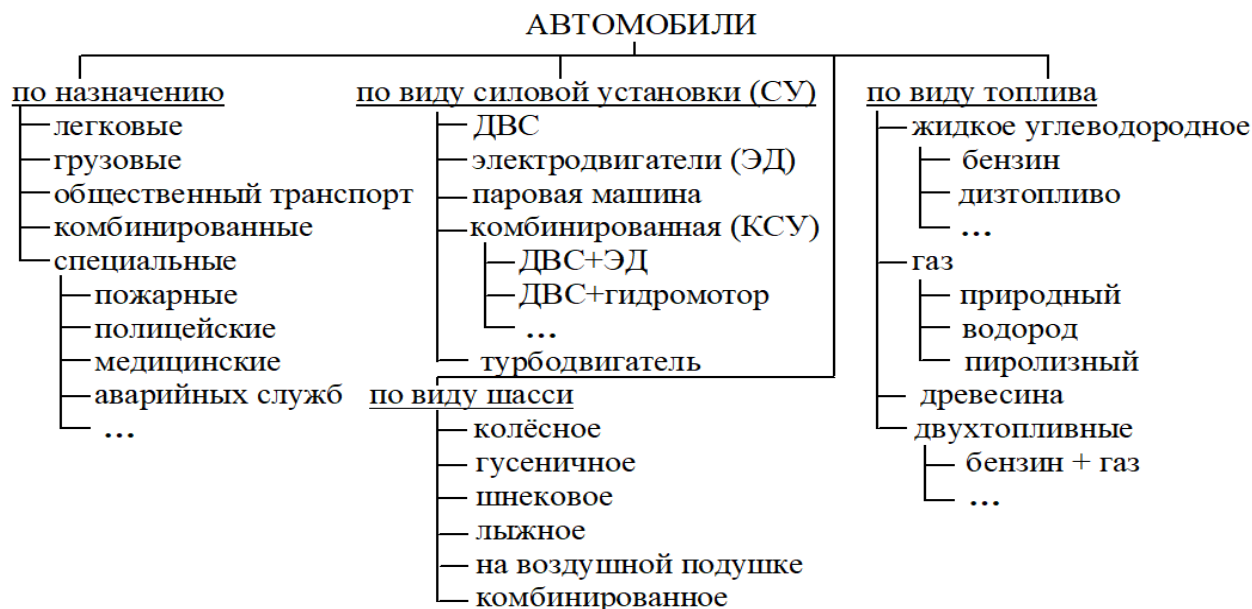


Рис. 3. Условная классификация автомобилей



Рис. 4. Газобаллонные автомобили: а) полностью газобаллонный; б) тороидальный газовый баллон в багажнике автомобиля с комбинированным ДВС

История знает и применение на автомобилях пиролизного газа, получаемого за счёт нагревания дров без доступа воздуха. Такие автомобили именовались газогенераторными (рис. 5) [5, 6] и использовались с целью экономии бензина или дизтоплива, как правило, в военное время. Основным недостатком газогенераторных автомобилей была малая мощность ДВС по сравнению с бензиновыми.

Известны также и паромобили, то есть автомобили с паровыми двигателями (рис. 6) [7, 8], однако широкого распространения они не получили.

В отличие от газогенераторных и паровых автомобилей, ещё с конца XIX – начала XX в. конструкторами были оценена перспективность электромобилей (рис. 2), а к началу XXI в. они стали развиваться всё большими темпами (рис. 7). Основные преимущества электромобилей: экологичность и простота конструкции (рис. 7 а), поскольку меньше подвижных деталей и узлов по сравнению с автомобилем с ДВС. Недостаток – необходимость оборудования специальных заправок – зарядных станций.

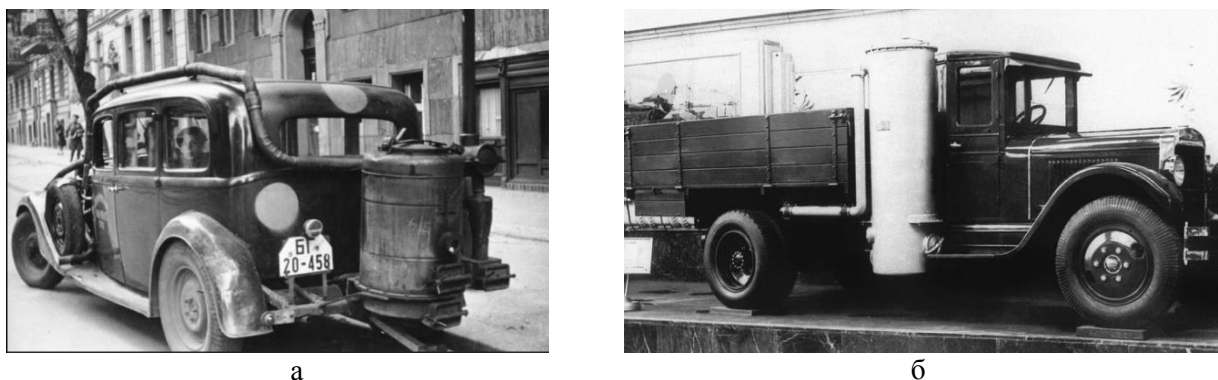


Рис. 5. Газогенераторные автомобили: а) легковой автомобиль, 30-е гг. XX в.; б) грузовик времён Великой Отечественной войны



Рис. 6. Паровые автомобили: а) скоростной паромобиль, 1908 г.; б) НАМИ-012, 1949 г.

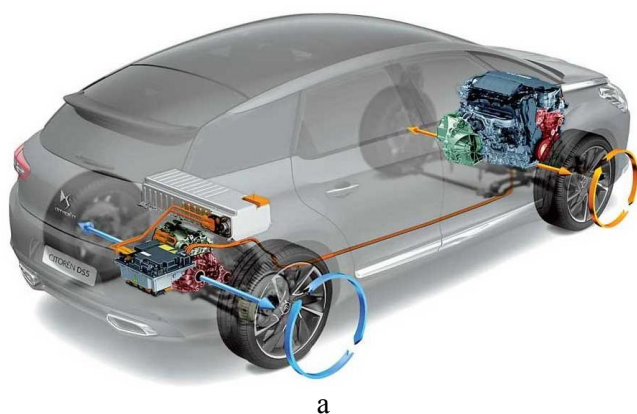


Рис. 7. Электромобили: а) принципиальная схема; б) Lada Ellada

За век автомобилестроения многие фирмы приложили немало усилий по созданию принципиально новых автомобилей – созданы автомобили с турбодвигателями (рис. 8), реактивные автомобили (рис. 9), автомобили на солнечных батареях (рис. 10).

Внимания заслуживают автомобили на водородном топливе [9, 10] (рис. 11), которые бывают как полностью работающие на H_2 , так и с ДВС, использующими бензин и H_2 . Автомобили на водородном топливе, как и ГБА, обладают высокой экологичностью, но имеют и недостатки, связанные со свойствами H_2 – необходимость в специальных заправках, повышенном износе ДВС и др. Такие автомобили выпускают компании Toyota, Honda и Hyundai, а также Daimler, Audi, BMW, Ford, Nissan и др.

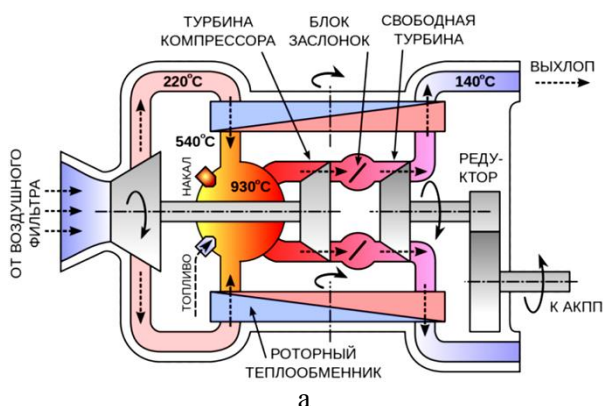


Рис. 8. Автомобили с турбодвигателями: а) принципиальная схема; б) фото турбомобиля на выставке



Рис. 9. Реактивный автомобиль



Рис. 10. Автомобиль с солнечной батареей

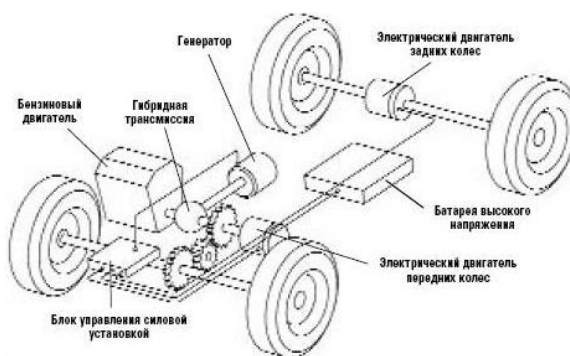


Рис. 11. Автомобиль на водородном топливе Рис. 12. Схема автомобиля с КСУ – ДВС+ЭД

Значительное внимание уделялось и уделяется разработке автомобилей с КСУ (гибридными) [11], использующими два и более источника энергии и двигатели, преобразующие их энергию в механическую работу. Наиболее характерные КСУ – комбинация ДВС с электродвигателем (ЭД), на рис. 12 показана схема такой КСУ автомобиля Lexus RX400h. Более того, в 50-х гг. XX в., когда в обществе была эйфория относительно ядерной энергетики, появились даже проекты автомобилей с ядерной энергоустановкой [12], но дальше проектов дело не пошло.

Истории и перспективам развития автомобилестроения может быть посвящено отдельное исследование, но следует отметить, что все автомобили в той или иной мере объединяет общий недостаток – повышенная пожароопасность (рис. 13 а) [13]. А автомобили на водородном топливе и ГБА – ещё и взрывоопасность (рис. 13 б) [14].



а



б

Рис. 13. Пожары автомобилей: а) автомобиль с бензиновым ДВС; б) взрыв и пожар ГБА при дорожно-транспортном происшествии (ДТП)

Причины возгорания могут быть различными – от ДТП до применения открытого огня при ремонтных работах. Статистика показывает, что чаще всего пожар возникает в моторном отсеке и элементах топливоподдачи. Применительно к ГБА процентные соотношения обстоятельств и мест возникновения пожаров на начало XXI в. приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Процентное соотношение обстоятельств возникновения пожаров ГБА

ГБА	Заправка	Пуск двигателя	Движение (с учётом ДТП)	Переключение вида топлива	Стоянка с работающим двигателем	Хранение в гараже	Ремонт
Легковые	2,8 %	25,7 %	50 %	4 %	8 %	6,7 %	1,4 %
Грузовые	8 %	19,5 %	51 %	6,5 %	5 %	2,6 %	7,3 %
Автобусы	–	–	50 %	–	17 %	17 %	16 %

Примечание: разница между 100 % и суммой % в строках – другие причины

Таблица 2. Процентное соотношение мест возникновения пожаров ГБА

ГБА	Моторный отсек	Салон, кабина	Багажник, кузов	Снаружи (при заправке)	В гараже
Легковые	70 %	14 %	7 %	1 %	8 %
Грузовые	67 %	19 %	1 %	6 %	7 %
Автобусы	75 %	12,5 %	–	–	12,5 %

Анализ показал, что в части действий по тушению пожаров автомобилей мало литературы (например, в учебнике [13] есть только раздел «Тушение пожаров в гаражах, троллейбусных и трамвайных парках») и, прежде всего, нормативной. В этой связи, представляется целесообразным сформулировать некоторые рекомендации по тушению автомобилей в развитие Боевого устава пожарной охраны (БУПО) [15]. Основные особенности пожаров автомобилей (разумеется, многое зависит от конкретной ситуации):

- быстрое развитие пожара на начальной стадии;
- горение топливной системы и бензобака, риск взрыва паров и растекания горящего топлива (для бензиновых или дизельных автомобилей); риск взрыва газового баллона у ГБА;
- горение и «хлопанье» (взрывы) покрышек с разлётом горящих кусков резины;
- риск перехода пожара на соседние автомобили или другие объекты ввиду мощного теплового излучения.

До прибытия пожарных участники тушения – водитель горящего автомобиля, другие водители должны обеспечить безопасность пассажиров, вызвать пожарных и ГИБДД и предпринять попытку ликвидировать горение посредством огнетушителей, соблюдая меры безопасности. Прибывшие пожарные ликвидируют горение подачей пены, охлаждают нагретые элементы водой, при необходимости проводят аварийно-спасательные работы в соответствии с БУПО [15] и оказывают помощь пострадавшим до прибытия медиков. Особую осторожность следует соблюдать при горении ГБА или нахождения ГБА вблизи горящего автомобиля.

В случае горения автомобилей на закрытой стоянке или в гараже необходимо учитывать степень и пределы огнестойкости строения [16] (риск обрушения), наличие соседних автомобилей и пожарной нагрузки в виде ёмкостей с легковоспламеняющейся и горючей жидкостями, баллонов и др. Исследования, проведённые с использованием компьютерных методов [17], позволили установить особенности горения автомобилей в подземных автостоянках [18] и возможность эвакуации людей. Тем не менее некоторые исследования в данной области вызывают вопросы [19].

Учитывая, что безопасность автомобилей является приоритетным требованием не только в нашей стране [20], но и в мире [21], очевидной является необходимость, во-первых, продолжения исследований в части особенностей развития и тушения пожара в подземных автостоянках с учётом наличия там ГБА, во-вторых, формирования проекта рекомендаций по тушению автомобилей, поскольку, в отличие от других видов транспорта (железнодорожного, авиационного, морского и речного), такой документ отсутствует.

Литература

1. Новый политехнический словарь / под ред. Ю.И. Ишлинского. М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. 671 с.
2. Автомобили. Популярная энциклопедия. Мн.: Интердайджест, 1994. 280 с.
3. Автомобильный справочник: пер. с англ. 3-е изд. перераб. и доп. М.: ООО Книжное издательство «За рулем», 2012. 1200 с.
4. Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования. Киров: Вятская ГСХА, 2006. 183 с.
5. Токарев Г.Г. Газогенераторные автомобили. М.: Машгиз, 1955. 207 с.

6. Газификация твердого топлива: труды III Науч.-техн. конф. М.: Гостоптехиздат, 1957. 374 с.
7. Богомазов В.К., Беркута А.Д., Куликовский П.П. Паровые двигатели. Киев: Гос. изд-во техн. лит-ры УССР, 1952. 316 с.
8. Жирицкий Г.С. Паровые машины. М.: Госэнергоиздат, 1951. 280 с.
9. Мищенко А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей. Киев: Академия наук УССР, 1984. 136 с.
10. Булгаков С.В. Анализ практического замещения нефтяных моторных топлив водородом // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 5 (13). С. 22–27.
11. Капустин А.А., Раков В.А. Гибридные автомобили: учеб. пособие. Вологда: Вологодский государственный университет, 2016. 96 с.
12. Ганчев Б.Г., Калишевский Л.Л. Ядерные энергетические установки. М.: Энергоатомиздат, 1990. 629 с.
13. Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика: учеб. М.: Стройиздат, 1984. 585 с.
14. Пожарная опасность газобаллонных автомобилей / Г.В. Васюков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2005. № 1. С. 33–37.
15. Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (утв. приказом МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444; зарег. 20 февр. 2018 г. № 50100). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
16. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
17. PyroSim – полевая модель пожара. URL: <https://pyrosim.ru/polevaya-model-pozhara> (дата обращения: 14.02.2021).
18. Таранцев А.А., Шидловский Г.Л., Поташев Д.А. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 43–52.
19. Литовченко И.О. Методика обеспечения пожарной безопасности на открытых автостоянках: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: С.-Петербург. ГПС МЧС России, 2018. 133 с.
20. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Савинов А.Г. Безопасность транспорта крупнейших городов мира: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 179 с.
21. О безопасности колесных транспортных средств: Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 (с изм. на 21 июня 2019 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

References

1. Novyj politekhnicheskij slovar' / pod red. YU.I. Ishlinskogo. M.: Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya, 2003. 671 s.
2. Avtomobili. Populyarnaya enciklopediya. Mn.: Interdajdzhest, 1994. 280 s.
3. Avtomobil'nyj spravochnik: per. s angl. 3-e izd. pererab. i dop. M.: ООО «Knizhnoe izdatel'stvo "Za rulem"», 2012. 1200 s.
4. Lihanov V.A., Devet'yarov R.R. Primenenie i ekspluatatsiya gazoballonogo oborudovaniya. Kirov: Vyatskaya GSKHA, 2006. 183 s.
5. Tokarev G.G. Gazogeneratornye avtomobili. M.: Mashgiz, 1955. 207 s.
6. Gazifikatsiya tverdogo topliva: trudy III nauch.-tekhn. konf. M.: Gostoptekhizdat, 1957. 374 s.
7. Bogomazov V.K., Berkuta A.D., Kulikovskij P.P. Parovye dvigateli. Kiev: Gos. izd-vo tekhn. lit-ry USSR, 1952. 316 s.
8. Zhirickij G.S. Parovye mashiny. M.: Gosenergoizdat, 1951. 280 s.

9. Mishchenko A.I. *Primenenie vodoroda dlya avtomobil'nyh dvigatelej*. Kiev: Akademiya nauk USSR, 1984. 136 s.
10. Bulgakov S.V. *Analiz prakticheskogo zameshcheniya neftyanyh motornyh topliv vodorodom // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii*. 2017. № 5 (13). S. 22–27.
11. Kapustin A.A., Rakov V.A. *Gibridnye avtomobili: ucheb. posobie*. Vologda: Vologodskij gosudarstvennyj universitet, 2016. 96 s.
12. Ganchev B.G., Kalishevskij L.L. *Yadernye energeticheskie ustanovki*. M.: Energoatomizdat, 1990. 629 s.
13. Kimstach I.F., Devlishev P.P., Evtyushkin N.M. *Pozharnaya taktika: ucheb*. M.: Strojizdat, 1984. 585 s.
14. *Pozharnaya opasnost' gazoballonnyh avtomobilej / G.V. Vasyukov [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'*. 2005. № 1. S. 33–37.
15. *Boevoj ustav podrazdelenij pozharnoj ohrany, opredelyayushchij poryadok organizacii tusheniya pozharov i provedeniya avarijno-spatel'nyh rabot (utv. prikazom MCHS Rossii ot 16 okt. 2017 g. № 444; zareg. 20 fevr. 2018 g. № 50100)*. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
16. *Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (s izm.)*. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
17. *PyroSim – polevaya model' pozhara*. URL: <https://pyrosim.ru/polevaya-model-pozhara> (data obrashcheniya: 14.02.2021).
18. Tarancev A.A., Shidlovskij G.L., Potashev D.A. *Osobennosti rasprostraneniya OFP v podzemnyh stoyankah avtomobilej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2020. № 1 (53). S. 43–52.
19. Litovchenko I.O. *Metodika obespecheniya pozharnoj bezopasnosti na otkrytyh avtostoyankah: dis. ... kand. tekhn. nauk*. SPb.: S.-Peterb. GPS MCHS Rossii, 2018. 133 s.
20. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V., Savinov A.G. *Bezopasnost' transporta krupnejshih gorodov mira: ucheb. posobie*. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. 179 s.
21. *O bezopasnosti kolesnyh transportnyh sredstv: Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 018/2011 (s izm. na 21 iyunya 2019 g.)*. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 621

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗВИТИЕ ГОРЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, В ЗАКРЫТЫХ АВТОСТОЯНКАХ

Ю.Д. Моторыгин, доктор технических наук, профессор;

А.Б. Акимова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены физико-химические процессы развития горения автомобилей и распространения пожара на закрытых автостоянках. Проведен анализ факторов, влияющих на распространение пожара на территории автостоянок закрытого типа. Классификация факторов проведена по трем признакам: по расположению автомобилей на закрытых автостоянках, по характеристикам автостоянок закрытого типа и по наличию и исправности систем пожаротушения, которые применяются на территории автостоянок закрытого типа. Полученные результаты могут быть использованы для создания моделей анализа пожарной безопасности автостоянках закрытого типа.

Ключевые слова: автостоянка, транспортное средство, классификация, пожароопасные факторы

DECOMPOSITION OF FACTORS INFLUENCING FOR THE DEVELOPMENT OF COMBUSTION OF MOTOR VEHICLES IN CLOSED PARKING LOTS

Yu.D. Motorygen; A.B. Akimova.

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

The physical processes of the development of a car fire and the spread of a fire in closed parking lots are considered. This article considers the analysis of the factors, affecting the spread of fire in the territory of closed parking lots. The classification of factors is based on three characteristics: the location of cars in closed parking lots, the characteristics of closed parking lots, and the availability and serviceability of fire extinguishing systems that are used in closed parking lots. The results obtained can be used to create models for analyzing fire safety in closed parking lots.

Keywords: parking, vehicle, classification, fire factor

Закрытые автостоянки представляют собой помещения с ограниченной площадью проемов, как правило, имеющие низкие потолки и большое количество сосредоточенной на небольшой площади мощной пожарной нагрузкой. Динамика развития пожаров на закрытых автостоянках существенно отличается от динамики развития пожаров на открытых объектах.

При пожаре в закрытом помещении на характер распределения температуры и тепловых потоков в основном оказывает влияние тепловое излучение.

Рассмотрим более подробно факторы, которые оказывают влияние на распространение пожара на территориях автостоянок закрытого типа. Факторы классифицированы по трем признакам:

1. По расположению автомобилей на автостоянке:
 - фактор, связанный с расстоянием между автомобилями на автостоянке;
 - фактор расположения автомобилей относительно друг друга.
2. По характеристикам автостоянки:
 - фактор, связанный с габаритами автомобиля и автостоянки;
 - фактор учета количества и структуры пожарной нагрузки.
3. По наличию и исправности систем пожаротушения:
 - фактор использования эффективной системы пожаротушения.

Фактор расположения автомобилей относительно друг друга

Пожар между автомобилями распространяется путем передачи энергии пожара, излучением теплового потока, который, в свою очередь, оказывает воздействие на элементы отделки кузова легкового автомобиля, шины, а также салон, после разрушения остекления [1].

Транспортные средства на автостоянках могут располагаться относительно друг друга несколькими вариантами:

- 1) капот к капоту;
- 2) боковыми частями;
- 3) капот к боковой части;
- 4) багажник к багажнику;
- 5) капот к багажнику;
- 6) багажник к боковой части.

В зависимости от расположения автомобилей относительно друг друга, распространение пожара происходит по-разному: при расположении автомобилей боковыми частями относительно друг друга в разных экспериментах время распространения пожара менялось, от десяти до двадцати минут, при расположении транспортных средств «капот к капоту» пожар распространялся в течение пяти минут. При определении времени распространения пожара важно учитывать расположение транспортных средств относительно друг друга [1]. Американские исследования подтвердили, что с точки зрения распространения пожара одной из самых опасных частей легкового автомобиля, при расположении транспортных средств боковыми частями, являются автомобильные покрышки, на втором месте по пожарной опасности декоративная отделка бампера [1].

Фактор, связанный с расстоянием между автомобилями на автостоянке

Расстояния между автотранспортными средствами на автомобильных стоянках, как правило, существенно меньше противопожарных расстояний, что может привести к загораниям соседних транспортных средств [2]. На территории закрытой автостоянки распространению пожара между автомобилями способствуют небольшие расстояния между транспортными средствами. Легковое транспортное средство, которое находится на автостоянке, занимает около 25 м², с учётом подъездных путей. Расстояние между автотранспортом часто не превышает 1 м.

Скорость распространения пожара на автостоянке зависит от расположения автомобилей относительно друг друга. Довольно часто такое расстояние составляет от 0,3–0,6 м. В таких условиях действие стандартных систем пожаротушения может быть неэффективно. Так в работе исследователей из Новой Зеландии – Mohd Zahirasri, Mohd Tohir был проведен анализ автостоянок, предназначенных для парковки только легковых автомобилей. Целью данного исследования явилась разработка сценариев возникновения

и развития пожара с использованием вероятностного метода анализа пожарных рисков, а также экспериментальное исследование времени распространения пожара на соседние автомобили в закрытой автостоянке [3].

В проведенных экспериментах была использована модель пожара, в которой источник зажигания находился в салоне автомобиля, а очаг пожара – водительское сиденье. Далее огонь распространился на торпеду, расположенную под окном переднего пассажирского сиденья. Это явление проиллюстрировано на рис. 1, где первое изображение показывает эксперимент через 4 сек. после возгорания, через 4 мин и 3 сек. (среднее изображение) начало гореть лакокрасочное покрытие на крыше автомобиля. На картинке справа видно, что через 4 мин 42 сек. огонь стал выходить из окна пассажирского сиденья первой машины. В исследовании были рассмотрены вопросы, касающиеся вероятности распространения пожара по территории всей автостоянки. А также рассчитывались отдельные интервалы времени, за которые пожар переходил с одного транспортного средства на другое. Кроме того, исследовались зависимости влияния пожарной нагрузки отдельных характеристик транспортных средств и скорости распространения пожара [3].



Рис. 1. Горение автомобиля

Таким образом, с помощью видеозаписи были получены данные о распространении пожара по автостоянке в зависимости от расположения автомобилей на том или ином расстоянии. При этом очаг пожара расположен на сиденье водителя автомобиля, который находится примерно в 2 м от соседнего транспортного средства. Далее огонь будет равномерно распространяться с постоянной скоростью до места выхода горения из окна пассажирского сиденья, то есть 0,7 м от соседнего транспортного средства, и прорываться, примерно через 4 мин 30 сек. [3].

В ходе выполнения проекта английскими учеными было проведено 11 экспериментов, в результате которых было сожжено более двадцати транспортных средств. Было выявлено, что распространению пожара на закрытых автостоянках способствуют расстояния менее чем 1 м. Хотя зачастую такое расстояние между автомобилями составляют 0,3–0,6 м [3].

Фактор, связанный с габаритами автостоянки

Высота помещения оказывает существенное влияние на температурный режим пожара. На рис. 2 представлен график зависимости температуры внутреннего пожара от высоты помещения автостоянки. На графике h_1 – высота первого помещения автостоянки, h_2 – высота второго помещения автостоянки. Из проведенных экспериментов следует, что в высоких помещениях скорость роста температуры выше, а максимальное значение температуры меньше, чем в помещениях малой высоты.

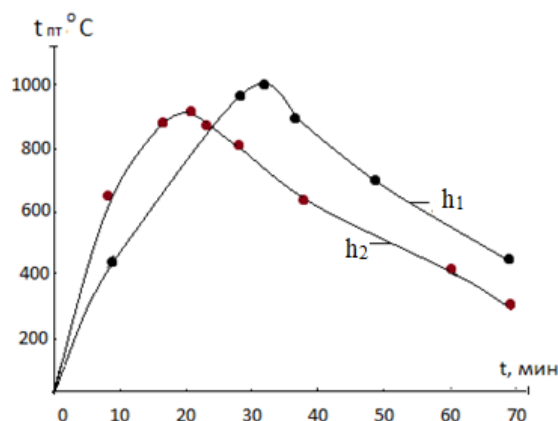


Рис. 2. Зависимость температуры внутреннего пожара от высоты помещения ($h_1=3$ м, $h_2=6$ м)

В высоких помещениях значение температуры ниже, чем в помещениях с маленькой высотой. Это можно объяснить тем, что, несмотря на больший коэффициент притока воздуха в высоких помещениях, потери тепла из зоны горения сильнее. Развитие процесса горения сдерживает поступление воздуха и в объём самого помещения, и в зону горения. В помещениях с ограниченным притоком воздуха и низкой температурой горение происходит с недостатком кислорода. В приточной зоне помещения при горении автотранспортного средства температура достигает $600\text{--}1100$ °C, при этом на уровне колес может не превышать 200 °C. При тушении пожаров нужно учитывать этот факт. При горении автомобиля на уровне окон температура обычно выше среднеобъемной. Максимальная температура наблюдается в зоне горения, по мере удаления от зоны температура снижается. Интенсивность газообмена во время пожара, возникшего на территории закрытой автостоянки, зависит от особенностей здания: высоты, количества проёмов, а также от площади пожара. С увеличением интенсивности газообмена массовая скорость выгорания при внутреннем пожаре повышается, после чего остаётся постоянной в течение некоторого времени. Температура пожара увеличивается с притоком воздуха в помещение автостоянки. Когда газообмен близок к условиям открытого пожара, то массовая скорость выгорания уже не зависит от размеров проёмов, а температура пожара достигает максимума [4].

Фактор учета количества и структуры пожарной нагрузки

Массовая скорость выгорания зависит от агрегатного состояния горючего вещества или материала, начальной температуры и других условий, а для выгорания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей она определяется интенсивностью испарения, также существенное влияние на нее оказывает концентрация кислорода (окислителя) в окружающей среде. Массовая скорость выгорания твердых веществ зависит от вида горючего, его размеров, величины свободной поверхности и ориентации по отношению к месту горения; температуры пожара и интенсивности газообмена. Главным признаком любого пожара является горение материалов и веществ, составляющих пожарную нагрузку. После возникновения горения, фронт пламени распространяется по материалам пожарной нагрузки автостоянки. Распространение пламени сопровождается постепенным увеличением задымления помещения, а также увеличением температуры, которые, в свою очередь, зависят от распределения пожарной нагрузки, воздухообмена [5].

На рис. 3 показаны основные пожароопасные элементы автомобиля. Количество и пожароопасные характеристики горючей нагрузки автомобиля зависят от класса и типа автомобиля.

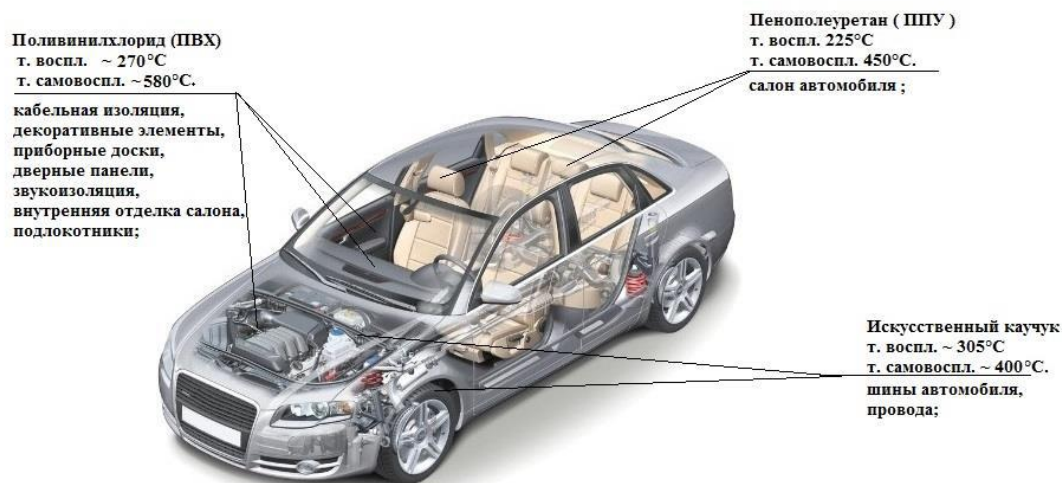


Рис. 3. Материалы, составляющие большую часть пожарной нагрузки автомобиля

Автомобиль состоит из огромного количества материалов. В настоящее время полимеры составляют 19 % веса легкового автомобиля. На рис. 4 наглядно показано, из каких материалов состоит легковой автомобиль: 62 % приходится на сталь, 19 % на полимеры, 12 % на цветные металлы, 3 % приходится на лаки и краски, 3 % на стекло и 1 % на жидкости.

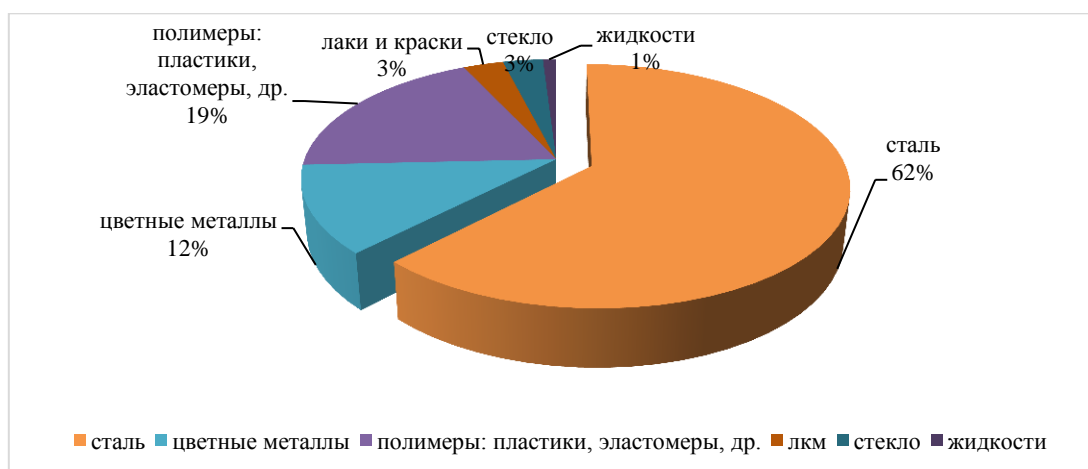


Рис. 4. Соотношение материалов легкового автомобиля

Проведенный анализ показал, что в отличие от открытых автостоянок, на закрытых местах хранения автотранспорта основными факторами являются структурирование горючей нагрузки, наличие конструктивных решений, обеспечивающих пожарную безопасность [4]. Автотранспортное средство можно разделить на ярковыраженные отсеки: в первом отсеке сосредоточение горюче-смазочных материалов, изолирующих компонентов электросети, горючих элементов перемещения горюче-смазочных материалов: второй отсек – сосредоточение отделочных материалов, горючие элементы автомобильных сидений; третий отсек – автомобильная крышка и элементы отделки багажника. Пожарная нагрузка учитывает общее количество теплоты, которое выделяется после того, как все воспламеняющиеся материалы и предметы сгорают.

Фактор использования эффективной системы пожаротушения

Применение эффективной системы автоматического пожаротушения на автостоянках закрытого типа снижает величину пожарных рисков, но возникают ситуации, когда работа автоматических установок пожаротушения на территории закрытых автостоянок только замедляет распространение пожара, но не обеспечивает локализации и полной ликвидации пожара [6]. Это подтверждают исследования пожаров, произошедших в автостоянках закрытого типа, в результате которых зафиксированы случаи уничтожения за одно событие 5, 15 и более 30 автомобилей. Пожар в помещениях стоянки и хранения автомобилей сопровождается выделением большого количества дыма, что может привести к летальным исходам. В случае если автостоянка встроена в здание иного назначения, едкий дым может нанести вред людям, находящимся в этом здании.

Помимо прямого материального ущерба от сгоревших транспортных средств, существует опасность причинения косвенного ущерба путем оседания сажи на элементы отделки помещения и предметы интерьера. Тушение пожаров распыленной водой, подаваемой автоматической установкой пожаротушения (АУП), в помещениях стоянки и хранения автомобилей осложняется наличием в них большого количества пожарной нагрузки в замкнутом объеме, небольших (0,3–0,8 м) расстояний между транспортными средствами, горючих материалов в местах, закрытых от прямого воздействия распыленной воды (подкапотное пространство, колесные арки, остекление кабин и др.). В этих условиях локализация пожара может быть достигнута путем экранирования теплового потока от горящего объекта распыленной водой.

Для тушения автомобилей на рассматриваемых объектах при удельной пожарной нагрузке от 181 до 1400 МДж/м² параметры пожаротушения должны быть следующими: интенсивность орошения защищаемой площади не менее чем от 0,12 до 0,18 л/(с·м²); расход не менее 30 л/с; минимальная расчетная площадь орошения спринклерной АУП не менее 120 м²; продолжительность подачи воды не менее 60 мин; максимальное расстояние между оросителями 4 м (для спринклерных АУП, АУП с принудительным пуском, спринклерно-дренчерных АУП) [6].

При проектировании АУП на автостоянках расчет параметров их работы проводится в соответствии с действующими нормативными документами.

Однако указанные нормативные документы не учитывают индивидуальные пожароопасные свойства и конструктивное исполнение объектов горючей нагрузки (например, особенности конструкции автомобилей), а также их расположение по площади помещения, оказывающих непосредственное влияние на процесс развития и распространения пожара, а также на время и эффективность тушения распыленной водой.

Параметры установок пожаротушения определяются в соответствии с общепринятой градацией помещений, что приводит к неоднозначности выбора интенсивности тушения.

Существуют случаи, когда причиной распространения пожара по территории закрытой автостоянки является неисправность автоматической системы пожаротушения. Так, например 7 апреля 2019 г., в Москве система автоматического пожаротушения не сработала на закрытой парковке, это стало причиной распространения огня. Несколько машин загорелись в воскресенье днем, площадь пожара составляла 500 м². Кроме того, пожарные эвакуировали более 400 человек.

25 февраля 2020 г. в г. Челябинске на подземной парковке сгорели два автомобиля, еще несколько автомобилей были задеты огнем. Причиной распространения пожара послужил тот факт, что автоматическая сигнализация и система оповещения о пожаре находились в отключенном состоянии. Система дымоудаления и система автоматического пожаротушения не сработали.

Особое внимание следует уделять парковке электромобилей. Тушение пожаров литий-ионных аккумуляторов является непростой задачей. Пожароопасность литий-ионных аккумуляторов обусловлена наличием в аккумуляторе катода, который в основном состоит

из литий-кобальтового оксида [5]. Возгорание литий-ионных аккумуляторов происходит внутри батарейного блока, куда доступ средств пожаротушения сильно затруднен [7]. Если для тушения автомобилей с двигателями внутреннего сгорания существует отработанная методика, а автостоянки оснащены соответствующими системами пожаротушения, то с электромобилями этот вопрос открыт и требует изучения [8]. Литий очень активно вступает в реакцию с водой, поэтому попытка потушить электромобиль водой может привести к печальным последствиям [9]. Лучше всего для тушения электромобилей использовать пену, однако если при тушении электромобиля применяется вода, то пожарным, из-за выделения токсичных веществ при реакции лития с водой, необходимы средства индивидуальной защиты органов дыхания. Пожарные в Нидерландах, для тушения электромобилей привозят дополнительный бокс с водой, в который помещают автомобиль на двое–трое суток. В инструкциях по эксплуатации электромобилей Tesla рекомендуется применять для тушения электромобилей 11 356 л воды для батареи, после чего помещать сгоревший электромобиль на трехдневный карантин. В течение трех дней требуется присматривать за электромобилем, поскольку аккумулятор может загореться повторно. Для решения этого вопроса перспективным является сотрудничество производителей автомобилей на литий-ионных аккумуляторах с разработчиками систем пожаротушения [8]. В настоящее время, полноценной, общедоступной статистики по возгораниям литий-ионных аккумуляторных батарей не ведется, возможно, такую статистику ведут сами производители [10].

Использование эффективных средств автоматического пожаротушения, разработка новых способов противопожарной защиты помещений автостоянок закрытого типа, а также своевременная их проверка играют огромную роль в области предотвращения распространения пожара между транспортными средствами.

В работе была проведена декомпозиция факторов, влияющих на распространение пожаров на закрытых объектах хранения автотранспорта. Исследование статистико-эмпирических данных возникновения и развития крупных пожаров на закрытых автостоянках демонстрирует, что представленные факторы являются наиболее значимыми при изучении вопросов предотвращения распространения пожара по территории автостоянки закрытого типа.

Литература

1. Орлов О.И., Вогман Л.П., Горшков В.И. Особенности развития и тушения пожаров в подземных автостоянках // Школа молодых ученых и специалистов МЧС России – 2015: сб. статей по материалам научно-практической конференции. Железнодорожск, 2015. С. 104–110.
2. Бутенко Ю.Л., Свительник А.В. Противопожарные расстояния между автотранспортными средствами на открытых пространствах // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. С. 220.
3. Mohd Tohir, Mohd Zahirasri_Final PhD Thesis. / Multiple Vehicle Design Fire Scenarios in Car Parking Buildings // Associate Professor Michael Spearpoint, Professor Charles Fleischmann. 2015. p. 156–158.
4. Моторыгин Ю.Д. Моделирование пожароопасных режимов в электросети автомобилей для принятия решения при проведении пожарно-технической экспертизы // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 45–51.
5. Плотников В.Г., Чешко И.Д., Кондратьев С.А. Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе // Расследования пожаров. 2014. № 4. С. 53–58.
6. Устройство для автоматического пожаротушения распыленной водой в помещениях стоянки и хранения автомобилей / О.И. Орлов [и др.] // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2018.

7. Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren // *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. 2019. p. 33–34.
8. Колчин В.В., Крутолапов А.С. Пожарная безопасность электромобилей // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. 2018.
9. Casey C. Grant Responding to Electric Vehicle Battery Fires // *Third International Conference on Fire in Vehicles, October 1-2, 2014, Berlin, Germany*. 2014. p. 231.
10. Елисеев Ю.Н., Мокряк А.В. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России»*. 2020. № 3. С. 14–17.

References

1. Orlov O.I., Vogman L.P., Gorshkov V.I. Osobennosti razvitiya i tusheniya pozharov v podzemnyh avtostoyankah // *Shkola molodyh uchenykh i specialistov MCHS Rossii – 2015: sb. statej po materialam nauchno-prakticheskoy konferencii. Zheleznogorsk, 2015. S. 104–110*.
2. Butenko Yu.L., Svitel'nik A.V. Protivopozharnye rasstoyaniya mezhdru avtotransportnymi sredstvami na otkrytyh prostranstvah // *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya*. 2019. S. 220.
3. Mohd Tohir, Mohd Zahirasri_Final PhD Thesis. / *Multiple Vehicle Design Fire Scenarios in Car Parking Buildings* // Associate Professor Michael Spearpoint, Professor Charles Fleischmann. 2015. p. 156–158.
4. Motorygin Yu.D. Modelirovanie pozharoopasnykh rezhimov v elektroseti avtomobilej dlya prinyatiya resheniya pri provedenii pozharno-tekhnicheskoy ekspertizy // *Pozharovzryvbezopasnost'*. 2016. T. 25. № 9. S. 45–51.
5. Plotnikov V.G., Cheshko I.D., Kondrat'ev S.A. Pozharnaya opasnost' litij-ionnykh akkumulyatorov i nizkovol'nykh istochnikov pitaniya na ih osnove // *Rassledovaniya pozharov*. 2014. № 4. S. 53–58.
6. Ustrojstvo dlya avtomaticheskogo pozharotusheniya raspylenoy vodoj v pomeshcheniyah stoyanki i hraneniya avtomobilej / O.I. Orlov [i dr.] // *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii*. 2018.
7. Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren // *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. 2019. r. 33–34.
8. Kolchin V.V., Krutolapov A.S. Pozharnaya bezopasnost' elektromobilej // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*. 2018.
9. Casey C. Grant Responding to Electric Vehicle Battery Fires // *Third International Conference on Fire in Vehicles, October 1-2, 2014, Berlin, Germany*. 2014. S. 231.
10. Eliseev Yu.N., Mokryak A.V. Analiz pozharnej opasnosti litij-ionnykh akkumulyatornykh batarej // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2020. № 3. S. 14–17.

УДК 614.841.3

АЛГОРИТМ ВЫБОРА СЦЕНАРИЕВ ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ, СООРУЖЕНИЯХ И СТРОЕНИЯХ КЛАССОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ Ф 1.3 И Ф 1.2

А.А. Панов, кандидат технических наук;

А.А. Козлов.

**Департамент надзорной деятельности и профилактической работы
МЧС России.**

Ю.Ю. Журавлев.

ООО «НИЭЦ ПБ», Москва

Представлен анализ статистических данных о пожарах в зданиях, сооружениях и строениях классов функциональной пожарной опасности Ф 1.3 и Ф 1.2 с целью выбора сценария пожара при расчетах пожарного риска. Приведен анализ выбора сценариев пожара при расчете величины пожарного риска. Приведены предложения по оптимизации и повышению качества нормативно-правовой базы в части обоснования сценариев развития пожара.

Ключевые слова: пожар, пожарный риск, сценарий пожара, опасные факторы пожара, практическое применение методики, системы противопожарной защиты, обоснование исходных данных, расчет риска

ALGORITHM FOR SELECTING FIRE SCENARIOS IN BUILDINGS, STRUCTURES AND BUILDINGS FUNCTIONAL FIRE HAZARD CLASSES F 1.3 AND F 1.2

A.A. Panov; A.A. Kozlov.

Department of supervision and preventive work of EMERCOM of Russia.

Yu.Yu. Zhuravlev. LLC «NIEC PB», Moscow

An analysis of statistical data on fires in buildings, structures and structures of functional fire hazard classes F 1.3 and F 1.2 is presented in order to select a fire scenario when calculating fire risk. The analysis of the choice of fire scenarios when calculating the magnitude of fire risk is presented. Suggestions for optimization and improvement of the quality of the regulatory and legal framework in terms of justifying fire development scenarios are presented.

Keywords: fire, fire risk, fire scenario, hazardous fire factors, practical application of the technique, fire protection systems, justification of initial data, risk calculation

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123) [1] и нормативно-правовыми актами Российской Федерации установлена процедура проведения оценки пожарного риска с учетом особенностей (объемно-планировочных, технических (выбор систем противопожарной защиты), поведенческих) каждого класса функциональной пожарной опасности [1–3].

Оценка пожарного риска осуществляется путем определения расчетных величин пожарного риска на объекте защиты и сопоставления их с соответствующими нормативными значениями, установленными в ФЗ № 123 [1]. Расчетные величины пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Расчет пожарных рисков для общественных зданий проводится по методике, утвержденной приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 [2] (Методика).

Подход при проектировании требований пожарной безопасности, предъявляемых к конкретному типу объекта защиты, требует особого выбора и оценки сценариев возникновения пожара, которые могут возникнуть в здании. Каждый сценарий пожара представляет собой уникальное сочетание событий и обстоятельств, влияющих на исход пожара в здании, включая влияние систем противопожарной защиты, установленных в здании, и действия людей в случае пожара.

Обзор статистики пожаров на примере первого полугодия 2020 г.

За шесть месяцев 2020 г. произошло 246 692 пожара, на которых погибло 4 196 человек, в том числе 173 несовершеннолетних, получили травмы порядка 4 274 человека. Зарегистрированный материальный ущерб составляет около 4,7 млрд руб.

В среднем, ежедневно происходило 1 355 пожаров, на которых погибало 23 человека, получали травмы 23 человека, огнем уничтожалось 125 строений.

Количество погибших на 100 тыс. человек населения – 2,9 человека, количество травмированных на 100 тыс. населения – 2,9 человека (рис. 1).

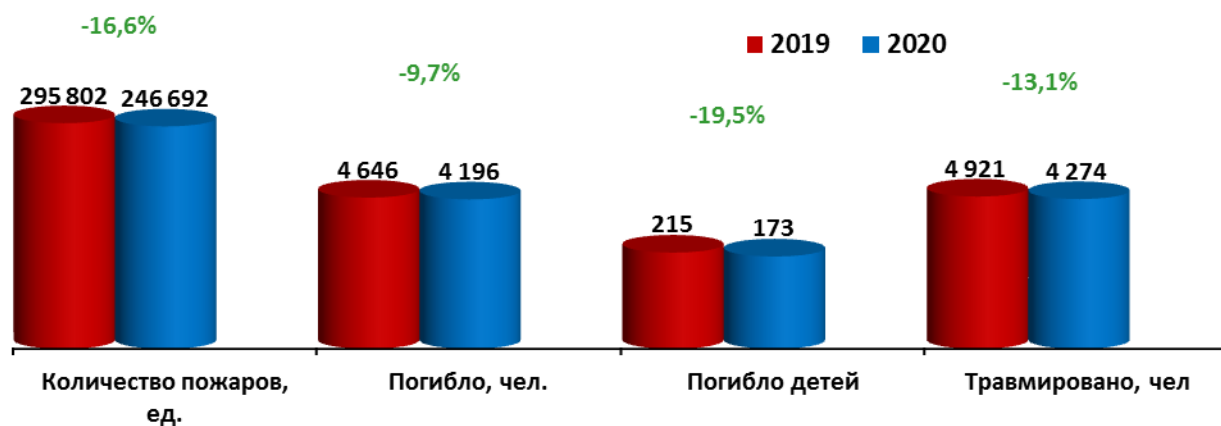


Рис. 1. Сравнение за 2019–2020 гг.

Наибольшее количество человек погибло вследствие отравления токсичными продуктами горения – 2 494 человека, от неустановленных причин – 868 человек, от воздействия высокой температуры – 476 человек (рис. 2).

Основными причинами возникновения пожаров являются нарушение правил устройства и эксплуатации электрического оборудования, печного оборудования, неосторожное обращение с огнем, а также поджоги (рис. 3).



Рис. 2. Причины смерти людей

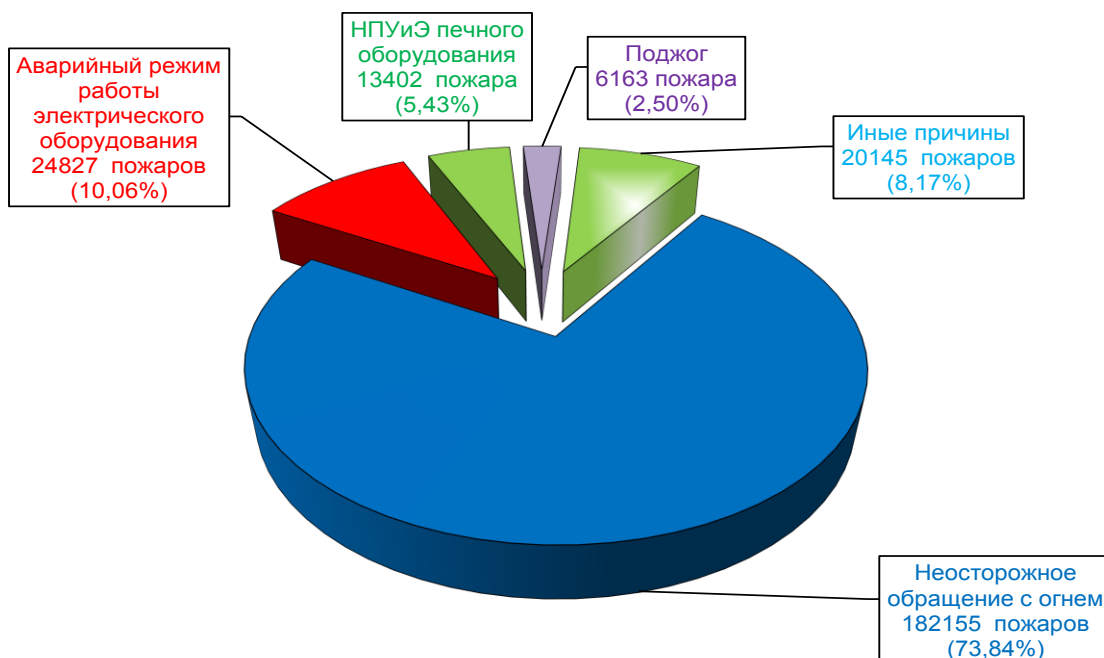


Рис. 3. Причины пожаров
НПУиЭ – нарушение правил устройства и эксплуатации

Наибольшее кол-во пожаров происходит в зданиях жилого назначения (по отношению ко всем остальным объектам защиты) (рис. 4) [4–6].

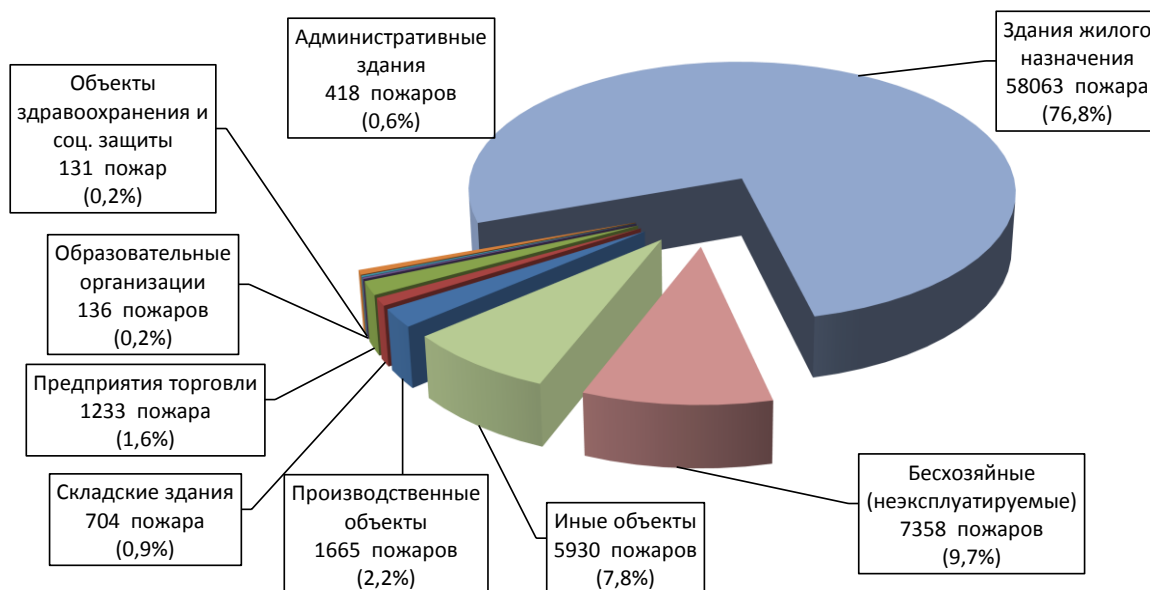


Рис. 4. Распределение пожаров по объектам разного функционального назначения

Глубокий анализ состояния системы пожарной безопасности в стране и в мире убедительно доказывает, что надо идти по пути совершенствования систем противопожарной защиты и обучения населению действиям при пожарах, так как наиболее частой причиной пожаров является:

1. Неосторожное обращение с огнем – 20 615 пожаров (35,5 % от общего количества пожаров в зданиях жилого назначения), в том числе:
 - неосторожность при курении – 7 527 (13,0 %);
 - детская шалость – 574 (1,0 %).
2. Аварийный режим работы электрических сетей и оборудования – 19 266 пожаров (33,2 %).
3. Нарушение правил устройства и эксплуатации печного оборудования – 12 377 (21,3 %).
4. Поджог – 3 007 (5,2 %).
5. Иные причины – 2 798 (4,8 %).

Использование таких технических средств, как автоматические установки пожаротушения, является эффективным мероприятием по ограничению распространения пожара и дальнейшая его локализация и ликвидация зависят от эффективности установки, что отражается в статистике пожаров. На основе статистики пожаров можно выделить три типа пожаров, включая пожары с большой дымообразующей способностью, пожары с образованием небольшого количества тепла и дыма и пожары с возможностью перехода огня на другие части зданий и помещений. Для очаговых пожаров вероятность успеха системы тушения обычно высока, поскольку скорость тепловыделения может активировать систему противопожарной защиты. Вероятность успеха не так высока для пожаров без вспышки, и вероятность успеха в основном равна нулю для пожаров с большой дымообразующей способностью [7].

Обоснования выбора сценария пожара

В соответствии с п. 7 Методики [2] сценарий пожара представляет собой вариант развития пожара с учетом принятого места возникновения и характера его развития.

Сценарий пожара определяется на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара

следует рассматривать сценарии, характеризующиеся наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания опасных факторов пожара (ОФП), а именно пожары:

- в помещениях, рассчитанных на единовременное присутствие 50 и более человек;
- в системах помещений, в которых из-за распространения ОФП возможно быстрое блокирование путей эвакуации (коридоров, эвакуационных выходов и т.д.). При этом очаг пожара выбирается в помещении малого объема вблизи от одного из эвакуационных выходов либо в помещении с большим количеством горючей нагрузки, характеризующейся высокой скоростью распространения пламени;

- в помещениях и системах помещений атриумного типа;
- в системах помещений, в которых из-за недостаточной пропускной способности путей эвакуации возможно возникновение продолжительных скоплений людских потоков.

В случаях, когда перечисленные типы сценариев не отражают всех особенностей объекта, возможно рассмотрение иных сценариев пожара.

В помещении, имеющем два и более эвакуационных выхода, очаг пожара следует размещать вблизи выхода, имеющего наибольшую пропускную способность. При этом данный выход считается заблокированным с первых секунд пожара, и при определении расчетного времени эвакуации не учитывается.

Взяв за основу эти данные, проанализируем различные сценарии пожаров, которые могут выступать как типовые, для рассматриваемых объектов защиты (многоквартирные жилые дома и гостиницы), с целью получения возможности выбора сценария пожара, используемого при расчете величины пожарного риска.

Для подобных типов объектов существует три вида пожаров, такие как:

- пожары с большой дымообразующей способностью (Д1);
- пожары с образованием небольшого количества тепла и дыма (ТД1);
- пожары с возможностью перехода огня на другие части зданий и помещений (КП1).

Возможные сценарии развития пожара могут возникать на каждом этаже здания, и каждый пожар может произойти с открытой или закрытой дверью квартиры, гостиничного номера. Кроме того, при подборе сценария пожара следует рассматривать сценарии, когда жильцы бодрствуют или спят, а системы противопожарной защиты эффективны или нет. В рамках анализа каждого сценария пожара время реагирования и эвакуации людей основывается на анализе воздействия систем обнаружения пожара, систем сигнализации и других возможных особенностей, с которыми люди могут столкнуться во время пожара.

Как видно, эти три вида пожаров наиболее распространены как на территории Российской Федерации, так и во всем мире. Такой вывод можно сделать на основании данных, изложенных в таблице [8].

Таблица

Вид пожара	Австралия (%)	Соединенные Штаты Америки (%)	Канада (%)
Д1	24,5	18,7	19,1
ТД1	60,0	63,0	62,6
КП1	15,5	18,3	18,3

В зависимости от типа систем противопожарной защиты, установленных на объектах защиты, и времени прибытия пожарных подразделений к очагу пожара, возгорания или небольшие по площади пожары могут развиваться до крупных, если не обеспечена их локализация. С целью рассмотрения наихудшего сценария пожара при оценке величины пожарного риска, возьмем за исходные данные условия пожара, с которым сталкиваются люди до прибытия пожарных подразделений в самом начале его развития.

Возможности развития пожаров проистекают из различных условий и особенностей каждого конкретного помещения и объекта в целом (источник возгорания, расположение пожарной нагрузки и т.д.).

Открытая или закрытая дверь в помещении очага пожара также является одним из условий, влияющих на распространение опасных факторов пожара по путям эвакуации и соседним помещениям и скорость роста пожара.

Состояние дверного проема и различные виды пожаров могут быть объединены в кластер типовых сценариев пожара, учитывающих эту особенность:

1. Д1 – с открытым дверным проемом очага пожара;
2. Д1 – с закрытым дверным проемом очага пожара;
3. ТД1 – с открытым дверным проемом очага пожара;
4. ТД1 – с закрытым дверным проемом очага пожара;
5. КП1 – с открытым дверным проемом очага пожара;
6. КП1 – с закрытым дверным проемом очага пожара.

Возможность того или иного состояния дверного проема является величиной случайной и коррелируется со статистической вероятностью, изложенной в таблице.

Свойство дверного проема играет важную роль в развитии распространения горения, так, например, даже незначительно открытые дверные проемы дают возможность перехода через них факелов пламени. Эта особенность создает реальную угрозу перехода пожара из первоначального помещения в соседние, а в некоторых случаях – распространение огня на выше и ниже лежащие этажи зданий и сооружений.

Учитывая вышеизложенное, пожары делятся на два вида:

1. Пожары с открытым дверным проемом очага пожара.
2. Пожары с закрытым дверным проемом очага пожара.

Пожары первого вида, протекающие в помещениях:

– с высотой не более 6 м до ограждающих конструкций, при расположении в них оконных проемов на одной отметке (уровне), газообмен осуществляется в заданных высотах этих проемов через общий эквивалентный проем;

– с высотой более 6 м до ограждающих конструкций, при расположении в них оконных проемов на разных отметках (уровнях), расположения приточных и вытяжных проемов достаточно для образования больших перепадов давления, которые влекут за собой увеличение скорости движения газовых потоков, что влияет на скорость выгорания пожарной нагрузки.

Пожары второго вида, протекающие в помещениях с полностью закрытыми дверными проемами, характеризуются особенностями газообмена, который осуществляется только вследствие инфильтрации воздуха и неплотности в ограждениях (притворах дверей, оконных рам, работы систем вытяжной вентиляции без устройства притока). Данные, полученные в результате тушения пожаров и проведения экспериментов, показывают, что при закрытых дверных проемах скорость выгорания пожарной нагрузки не зависит от ее физико-химических свойств и полностью ограничивается расходом воздуха, поступающего в помещение очага пожара через неплотности в ограждающих конструкциях [9–11].

Сценарии, используемые при расчетах величины пожарного риска, могут демонстрировать различные параметры, которые способны повлиять на развитие пожара и распространение опасных факторов пожара, а также на реакцию людей при пожаре (рис. 5).

Модель не пытается уменьшить количество сценариев, хотя из результатов видно, что некоторые сценарии, такие как Д1 и ТД1, вносят меньший вклад в общий риск для жизни. Важными сценариями, определяемыми моделью, являются сценарии с открытой дверью и нерабочими системами противопожарной защиты.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что наиболее худшим выбором сценария пожара является сценарий с открытыми дверными проемами и нерабочими системами противопожарной защиты, однако стоит помнить, что в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности системы противопожарной защиты должны находиться в исправном состоянии, в противном случае не будут выполняться положения ФЗ № 123 [1], Методики [2] и Правил противопожарного режима.

Алгоритм выбора сценариев пожара



Рис. 5

Основываясь на этом утверждении, наиболее опасным сценарием пожара в многоквартирных жилых домах и гостиницах с точки зрения расчета величины пожарного риска является пожар в квартире (номере) с открытыми дверными проемами. При этом место пожара (квартира, номер) должно определяться исходя из особенностей объемно-планировочных решений каждого объекта защиты, в частности, наличия в нем требующих в соответствии с действующими нормами определенных систем противопожарной защиты, таких как автоматическая пожарная сигнализация, внутренний противопожарный водопровод, система противодымной защиты, система оповещения и управления людьми при пожаре и т.д.

Как правило, наиболее худшим местом для выбора помещения пожара являются помещения (квартиры, номера), наиболее удаленные от указанных выше систем (в частности, от клапанов дымоприемных устройств).

При этом стоит отметить, что и при полном соблюдении требований нормативных документов по пожарной безопасности порой в связи с особенностями объемно-планировочных решений конкретного объекта защиты складываются ситуации, когда расчет величины пожарного риска не отвечает требуемым значениям, а добавлять дополнительные системы противопожарной защиты не представляется возможным (к примеру, из-за их полного наличия на объекте защиты), то следует предусматривать в соответствии с пунктом 21 Методики [2] дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на снижение величины пожарного риска.

Исходя из проведенного анализа, наиболее эффективным мероприятием (с учетом особенностей класса конструктивной пожарной опасности Ф 1.3, Ф 1.2), снижающим нормативное значение пожарного риска, будет являться устройство противопожарных преград, направленное на ограничение распространения пожара за пределы очага пожара.

Противопожарные стены и перегородки являются одними из типов противопожарных преград, при этом заполнения проемов в таких преградах (двери, ворота, люки и т.д.) также нормируются в соответствии с требованиями ФЗ № 123 [1].

При этом учет в расчете проемов (дверей) закрытыми и применение в качестве заполнения проемов в указанных преградах противопожарных дверей в качестве компенсирующих мероприятий по ограничению распространения пожара должен осуществляться с учетом специфики объекта и предполагаемых проектных решений и обосновываться в расчете величины пожарного риска.

Вероятность такого события, как открытая/закрытая дверь квартиры (номера), выражается в долях единицы и равна отношению количества повторений данного исхода события к общему числу повторений события и выражается в формуле вероятности случайного события:

$$P(A)=K/N,$$

где K – величина, показывающая сколько раз произошло интересующие нас событие (изменения параметров дверного проема выраженного в 1); N – общее число возможных исходов данного события (равным 2 исходам (дверной проем открыт/закрыт)).

$P(A)=1$ – событие происходит всегда (нет неопределенности).

$P(A)=0,5$ – событие происходит в половине случаев (есть неопределенность).

$P(A)=0$ – событие никогда не происходит (нет неопределенности).

В итоге, получаем $P(A)=0,5$: вероятность события открытого/закрытого дверного проема, в общем случае вероятностного подхода будет происходить в половине случаев. Вероятность того, что дверь будет открыта или закрыта (в итоге), может быть оценена на основе опыта, учитывающего конкретные особенности каждого конкретного объекта защиты. Например, входная дверь в квартиру (номер) может быть в основном закрыта (по соображениям безопасности и конфиденциальности), в то время как дверь в зданиях органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов, может быть в основном открыта (для обеспечения рабочего взаимодействия) [12].

Выводы

Результаты анализа статистических данных по пожарам как в России, так и за рубежом позволили выявить алгоритм выбора сценария пожара для класса функциональной пожарной опасности Ф 1.3 и Ф 1.2, который позволит всесторонне рассматривать как наихудшие ситуации распространения опасных факторов пожара в соответствии с п. 7 Методики [2], так и сценарии пожара, реализующие фактический режим работы объектов защиты и поведения людей, как при нормальном функционировании здания, так и при возникновении пожара. В случае превышения нормативного значения пожарного риска в обоих случаях необходимо предусмотреть дополнительные компенсирующие мероприятия (в соответствии с п. 21 Методики [2]), которые будут обосновывать выбор того или иного сценария пожара для классов пожарной опасности Ф 1.3 и Ф 1.2.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 15.01.2018).

2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (ред. от 2 дек. 2015 г.). URL: <http://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 10.03.2019).

3. О пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 28 мая 2017 г.). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 15.03.2018).

4. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
5. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2009. 212 с.
6. Айбуев З.С.-А., Исаевич И.И., Медяник М.В. Свободное движение людей в потоке и проблемы индивидуально-поточного моделирования // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 6. С. 66–73.
7. Карпов В.Л., Медяник М.В. О необходимости реализации процесса превентивного спасения людей при пожаре в уникальных высотных зданиях // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 8. С. 25–30. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.25-30.
8. Kuligowski E.D., Peacock R.D. A review of building evacuation models / National Institute of Standards and Technology // Technical Note 1471. Washington: U.S. Department of Commerce, 2005. 156 p. URL: https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=902501 (дата обращения: 20.03.2019).
9. Guan Heng Yeoh and Kwok Kit Yuen (eds.). Computational fluid dynamics in fire engineering: theory, modelling and practice. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009. 544 p. DOI: 10.1016/B978-0-7506-8589-4.X0001-4.
10. Hermes. Investigation of an evacuation assistant for use in emergencies during large-scale public events // Institute for Advanced Simulation (IAS), 2011. URL: https://www.fz-juelich.de/ias/jsc/EN/Research/ModellingSimulation/CivilSecurityTraffic/Projects/Hermes/_node.html.
11. Schadschneider A., Klingsch W., Klüpfel H., Kretz T., Rogsch C., Seyfried A. Evacuation dynamics: empirical results, modeling and applications // Encyclopedia of Complexity and System Science // Meyers R. (ed.). New York: Springer, 2009. P. 3142–3176. DOI: 10.1007/978-0-387-30440-3_187.
12. Анализ обстановки с пожарами и их последствий на территории Российской Федерации за 9 месяцев 2020 года. URL: <https://fireman.club/literature/analiz-obstanovki-s-pozharami-i-ih-posledstviy-na-territorii-ru-za-9-mesyatsev-2020-goda/> (дата обращения: 12.02.2021).

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (v red. ot 29 iyulya 2017 g.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 15.01.2018).
2. Metodika opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti: prikaz MCHS Rossii ot 30 iyunya 2009 g. № 382 (red. ot 2 dek. 2015 g.). URL: <http://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 10.03.2019).
3. O pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 21 dek. 1994 g. № 69-FZ (v red. ot 28 maya 2017 g.). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 15.03.2018).
4. Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah: ucheb. posobie / V.V. Holshchevnikov [i dr.]. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2015. 262 s.
5. Holshchevnikov V.V., Samoshin D.A. Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2009. 212 s.
6. Ajbuev Z.S.-A., Isaevich I.I., Medyanik M.V. Svobodnoe dvizhenie lyudej v potoke i problemy individual'no-potochnogo modelirovaniya // Pozharovzryvobezopasnost'. 2015. Т. 24. № 6. С. 66–73.
7. Karpov V.L., Medyanik M.V. O neobhodimosti realizacii processa preventiv-nogo spaseniya lyudej pri pozhare v unikal'nyh vysotnyh zdaniyah // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. Т. 26. № 8. С. 25–30. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.08.25-30.
8. Kuligowski E.D., Peacock R.D. A review of building evacuation models / National

Institute of Standards and Technology // Technical Note 1471. Washington: U.S. Department of Commerce, 2005. 156 p. URL: https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=902501 (data obrashcheniya: 20.03.2019).

9. Guan Heng Yeoh and Kwok Kit Yuen (eds.). Computational fluid dynamics in fire engineering: theory, modelling and practice. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009. 544 p. DOI: 10.1016/B978-0-7506-8589-4.X0001-4.

10. Hermes. Investigation of an evacuation assistant for use in emergencies during large-scale public events // Institute for Advanced Simulation (IAS), 2011. URL: https://www.fz-juelich.de/ias/jsc/EN/Research/ModellingSimulation/CivilSecurityTraffic/Projects/Hermes/_node.html.

11. Schadschneider A., Klingsch W., Klüpfel H., Kretz T., Rogsch C., Seyfried A. Evacuation dynamics: empirical results, modeling and applications // Encyclopedia of Complexity and System Science // Meyers R. (ed.). New York: Springer, 2009. P. 3142–3176. DOI: 10.1007/978-0-387-30440-3_187.

12. Analiz obstanovki s pozharemi i ih posledstvij na territorii Rossijskoj Federacii za 9 mesyacev 2020 goda. URL: <https://fireman.club/literature/analiz-obstanovki-s-pozharemi-i-ih-posledstviy-na-territorii-rf-za-9-mesyatsev-2020-goda/> (data obrashcheniya: 12.02.2021).

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.841

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ЗАЖИГАНИИ НЕДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОРИСТО-ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена модель зажигания недеформируемой пористо-дисперсной среды. Составлена схема основных физико-химических процессов зажигания, протекающих в ее наружном слое. Выявлены факторы, позволяющие упростить задачу нахождения зависимости минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды. Сформирована модель, представляющая собой систему дифференциальных уравнений, описывающую процесс теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха. Представлены результаты численного моделирования процесса зажигания наружного слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды.

Ключевые слова: пористо-дисперсная среда, зажигание, влагосодержание, итерационно-интерполяционный метод

HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES DURING IGNITION OF NONDEFORMABLE POROUS-DISPERSE MEDIUM

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

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

A model of ignition of a non-deformable porous-dispersed medium is proposed. A diagram of the main physical and chemical processes of ignition occurring in its outer layer is drawn up. Factors that simplify the task of finding the dependence of the minimum ignition energy on the determining characteristics of the combustible medium are identified. A model is formed, which is a system of differential equations describing the process of heat exchange between the outer surface of a cylindrical heat source and a non-deformable porous-dispersed medium of a given moisture content under conditions of free convection of the surrounding air. The results of numerical simulation of the ignition process of the outer layer of a non-deformable porous-dispersed medium are presented.

Keywords: porous-dispersed medium, ignition, moisture content, iterative-interpolation method

Решение проблем пожарной безопасности промышленных объектов, связанных с переработкой и хранением на их территории значимых объемов недеформируемых

пористо-дисперсных сред, в значительной степени зависит от понимания механизма их зажигания от локального источника тепла и умения оценить значение минимальной энергии зажигания в зависимости от основных характеристик [1]. К таким средам относятся опилки, отходы переработки зерновых и масличных культур, шрот, а также и, прежде всего, торфяная масса различной степени зернистости и уровня влагосодержания.

Простейшая двумерная модель зажигания, изображенная на рис. 1, предполагает, что на наружной поверхности пласта пористо-дисперсной многокомпонентной среды располагается цилиндрический источник теплоты радиусом r .

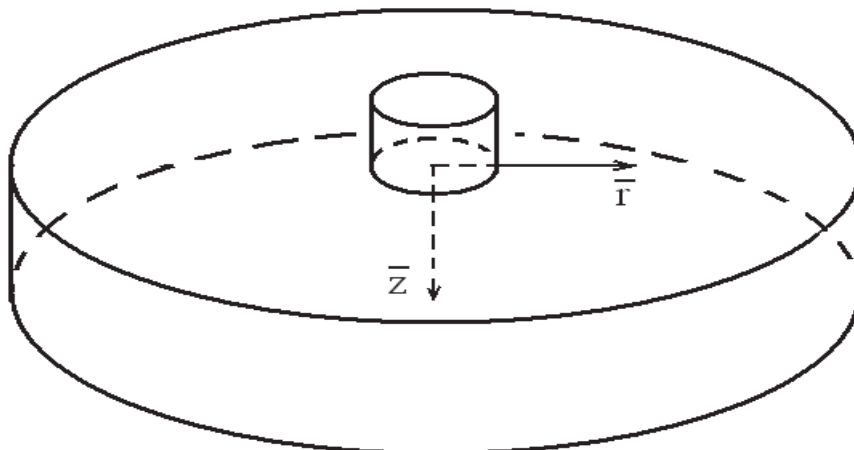


Рис. 1. Модель зажигания недеформируемой пористо-дисперсной среды

Модель предполагает исследование теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха. Конечным продуктом моделирования является зависимость минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды, ее влажности и теплофизических параметров окружающего воздуха [2]. Схема основных физико-химических процессов зажигания, протекающих в наружном слое недеформируемой пористо-дисперсной среды, представлена на рис. 2.

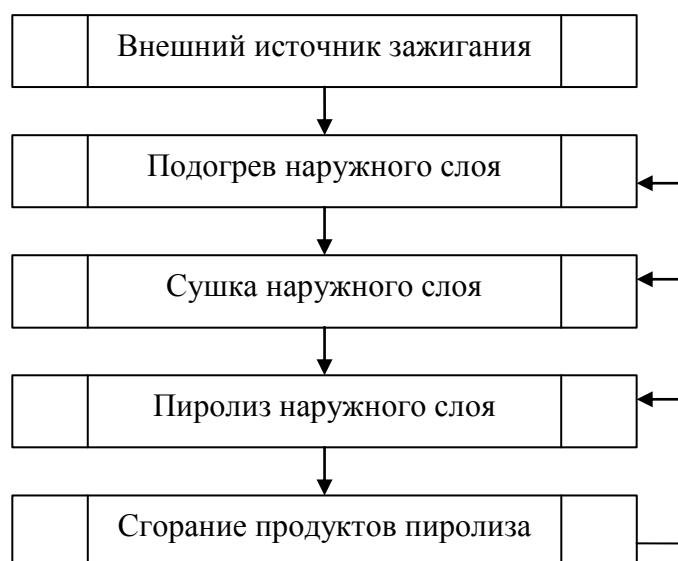


Рис. 2. Схема основных физико-химических процессов зажигания

Решение задачи исследования зависимости минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды, ее влажности и теплофизических параметров окружающего воздуха можно упростить, если:

– считая задачу цилиндрически симметричной, а условия теплообмена источника зажигания и поверхности горючей среды аутентичными, использовать цилиндрическую систему координат с осями: r – радиус-вектор, z – высота;

– высокие теплопроводящие свойства материала источника зажигания обуславливают возможность пренебрежения возможными колебаниями температуры на его наружной поверхности;

– учитывать тепловые потери источника зажигания в направлении внешней среды конвекцией и тепловым излучением и в направлении недеформируемой пористо-дисперсной среды молекулярной диффузией и тепловым излучением [3, 4].

Тогда система дифференциальных уравнений, описывающая анализируемый процесс теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха, будет включать, прежде всего, уравнения, описывающие закон сохранения массы исходного горючего вещества (1), а также влаги, кокса и золы, индексы 1, 2, 3, 4 соответственно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_1 \cdot \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -R_p; \rho_2 \cdot \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -R_{s2}; \rho_{13} \cdot \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = -\gamma_c \cdot R_p - R_s; \\ \rho_4 \cdot \frac{\partial \varphi_4}{\partial t} = -\gamma_s \cdot R_p; \sum_{j=1}^4 \varphi_j = 1. \end{array} \right. \quad (1)$$

Уравнение сохранения массы газовой фазы продуктов горения недеформируемой пористо-дисперсной среды имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_5 \cdot \varphi_5) + \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot u) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot v) = \gamma_g \cdot R_p + R_{s2} + R_{s3}, \quad (2)$$

где массовая скорость разложения среды описывается зависимостью:

$$R_p = k_p \cdot \rho_1 \cdot \varphi_1 \cdot \exp\left(-\frac{E_p}{R \cdot T}\right), \quad (3)$$

аналогично, массовая скорость испарения влаги в соответствии с аналогом закона Герца-Кнудсена:

$$R_{s2} = \frac{S_2 \cdot M_2 \cdot A_s \cdot \varphi_2 \left[k_{s2} \cdot \exp\left(-\frac{E_{s2}}{R \cdot T}\right) - P_2 \right]}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot R \cdot T \cdot M_2}}, \quad (4)$$

где P_2 – парциальное давление водяных паров определяется их объемной долей в соответствии с законом Дальтона [5]:

$$P_2 = P \cdot c_2 \cdot \frac{M}{M_2}. \quad (5)$$

Массовая скорость окисления твердых компонентов продуктов разложения недеформируемой пористо-дисперсной среды с учетом значения удельной поверхности пор S :

$$R_{s3} = \frac{M_3}{M_{51}} \cdot S \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot C_1 \cdot \exp\left(-\frac{E_{s2}}{R \cdot T}\right). \quad (6)$$

Для отдельных компонентов продуктов горения: кислорода ($\alpha=1$), углекислого газа ($\alpha=2$), паров воды ($\alpha=3$) уравнение сохранения массы (7) дополняется соответствующим алгебраическим соотношением (8):

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot c_\alpha) + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot u \cdot c_\alpha) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot v \cdot c_\alpha) = \\ = \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}\left(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{r}}\right) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}\left(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}}\right) + R_{5\alpha} + R_{5s\alpha}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\alpha = 1, 2, 3; \sum_{\alpha=1}^3 c_\alpha = 1. \quad (8)$$

Тепловой баланс процесса описывается уравнением сохранения энергии:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^5 \rho_j \cdot \varphi_j \cdot c_{pj} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot c_{p5} \cdot \left(u \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{r}} + v \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}}\right) = \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}\left(\bar{r} \cdot \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{r}}\right) + \\ + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}\left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}}\right) + q_{co} \cdot R_{co} + q_{s3} \cdot R_{s3} - q_{s2} \cdot R_{s2}. \end{aligned} \quad (9)$$

В проекциях цилиндрических координат векторных значений r и z уравнение движения продуктов горения недеформируемой пористо-дисперсной среды в форме Дарси (9) имеет вид:

$$u = -\frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial \bar{r}}; v = -\frac{K}{\mu} \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial \bar{z}} - \rho_5 \cdot g\right); p = \frac{\rho_5 \cdot R \cdot T}{M}; M = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^4 \frac{c_\alpha}{M_{5\alpha}}}. \quad (10)$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1, 2, 6–10) предполагает формулирование краевых условий, соответствующих поставленной задаче.

Начальные условия (11) описывают состояние анализируемой системы до начала процесса зажигания:

$$t = 0: \varphi_j = \varphi_{jH}; j = 1, 4; c_\alpha = c_{\alpha P}; \alpha = 1, 3; \rho_5 = \rho_{5H};$$

$$T_{\bar{r} \leq r_0, \bar{z} = 0} = T_o; T_{\bar{r} > r_0, \bar{z} = 0} = T_H; T_{\bar{z} \neq 0} = T_H. \quad (11)$$

Граничные условия (12) описывают закономерности взаимодействия наружной поверхности источника зажигания с недеформируемой пористо-дисперсной средой по оси r :

$$\bar{r} = 0; \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{r}} = 0; \frac{\partial P}{\partial \bar{r}} = 0; \frac{\partial T}{\partial \bar{r}} = 0; \bar{r} = L; c_\alpha = c_{\alpha H}; T = T_H; P = P_H. \quad (12)$$

Взаимодействия сред по оси z описывают выражения:

$$\bar{z} = 0; P_{\bar{r} > r_0} = P_e; \frac{\partial P}{\partial \bar{z}_{\bar{r} \leq r_0}} = 0; V_o \cdot c_o \cdot \rho_o \cdot \frac{dT}{dt} = S_o \cdot \lambda_s \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}_{\bar{r} \leq r_0}} - S_e \cdot q_e;$$

$$\lambda_s \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}_{r > r_0}} = \alpha_1 \cdot (T - T_e); \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}_{r > r_0}} = \beta_1 \cdot (c_\alpha - c_{\alpha e}); \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}_{r \leq r_0}} = 0. \quad (13)$$

В уравнениях (1–13) приняты следующие обозначения: T_s, T_e – абсолютные температуры на поверхности недеформируемой пористо-дисперсной среды и омывающего воздуха соответственно; $T_H, P_H, r_H, c_{\alpha H}$ – абсолютная температура, абсолютное давление, плотность и массовая доля α -компонента продуктов горения в момент начала процесса зажигания; h, L – геометрические размеры прогреваемого слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды; u, v – скорость фильтрации продуктов горения в слое пористо-дисперсной среды в направлениях векторов r и z соответственно.

Процесс теплопроводности между источником зажигания зажигаемой средой описывается комплексным коэффициентом теплопроводности (14), включающим контактную составляющую пористо-дисперсной среды и лучистую составляющую:

$$\lambda = \sum_{j=1}^5 \lambda_j \cdot \varphi_j + 16 \cdot \sigma \cdot T_s^3, \quad (14)$$

где λ_j и φ_j – коэффициенты теплопроводности и газопроницаемости недеформируемой пористо-дисперсной среды соответственно; σ – постоянная Стефана-Больцмана;

Плотность потока тепла q_e от источника зажигания в окружающую воздушную среду включает в себя конвективную и лучистую составляющую и описывается уравнением:

$$q_e = \alpha_o \cdot (T_o - T_e) + \varepsilon_o \cdot \sigma \cdot (T_o^4 - T_e^4), \quad (15)$$

где α_o – коэффициент конвективного теплообмена между поверхностью источника зажигания и омывающим воздухом; T_o – абсолютная температура на поверхности источника зажигания; ε_o – степень черноты поверхности источника зажигания.

Численное моделирование процесса зажигания наружного слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды от локального источника теплоты основано на использовании итерационно-интерполяционного метода и программного комплекса MathWorks MATLAB & Simulink. Причем необходимые теплофизические и кинетические характеристики были найдены в работах [6, 7].

В качестве модельной недеформируемой пористо-дисперсной среды анализировалось поведение торфяной массы малой степени разложения с плотностью в диапазоне $60\div 80 \text{ кг/м}^3$ и влагосодержанием до 15 %. Такой выбор обусловлен актуальностью поставленной задачи как с точки зрения распространенности этого материала, так и ее пожарной опасности вследствие его пористости, поскольку существенные запасы накопленного воздуха в порах торфяной массы позволяют поддерживать процесс ее горения даже при прекращении притока воздуха из слоя атмосферы, прилежащем к верхней поверхности торфяного пласта. В роли источника зажигания выступает стальной цилиндр высотой 50 мм и диаметром 50 мм.

Условиями численного эксперимента были выбраны:

$$\varphi_{1H} = 0,7; \varphi_{2H} = 0,2; c_{3H} = 0,23; T_e = 1200 \text{ K}; \alpha_e = 2 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}; \sum_{i=1}^4 \rho_{is} \cdot \varphi_{is} = 925 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \rho_{s1} = 750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

В ходе численного эксперимента на основе представленной математической модели применялась последовательность пространственных сгущающихся сеток с параметрами итерации: $h_r = 10^{-2} \text{ м}$; $h_z = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, откуда из работы [8] принимаем:

$$h_i = 2 \cdot h_{xi}; h_i = \frac{h_{xi}}{4}; h_{xi} = \frac{h_{xi}}{8}; i = 1, 2, 3, \dots \quad (16)$$

Для вычисления значения поверхностной скорости тления модельного пласта недеформируемой пористо-дисперсной среды по координатам r и z использовались уравнения (17) и (18) соответственно:

$$w_r = \frac{(\Delta r)_*}{(\Delta t)_*} = \frac{r_j - r_{j-1}}{t_{*,j} - t_{*,j-1}}; \quad (17)$$

$$w_z = \frac{(\Delta z)_*}{(\Delta t)_*} = \frac{z_k - z_{k-1}}{t_{*,k} - t_{*,k-1}}. \quad (18)$$

Момент зажигания пласта $t=t^*$ наступает при соблюдении условия $T_{w2} \geq T^*$, при этом скорость распространения процесса тления в направлении оси z становится равной и даже больше характерного значения, то есть $w_z \geq w^*$, а температура на поверхности T_{w2} может достигнуть значения в 1 050 К. В работе [9] приводятся следующие экспериментальные данные: значению характерной температуры $T^*=650 \text{ К}$ соответствует значение характерной скорости распространения процесса тления $w^*=5 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, с которыми хорошо согласуются результаты численного моделирования: $T^*=650 \text{ К} \leftrightarrow w^* \approx 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$.

Если в ходе увеличения влагосодержания ψ исследуемого материала интенсивность процесса теплоотдачи при испарении содержащейся в пласте влаги начинает преобладать над тепловыделением в ходе экзотермической реакции процессов окисления, наблюдается увеличение необходимого времени прогрева, что отражается в данных численного моделирования, представленных на рис. 3 и хорошо согласующихся с экспериментальными данными, приведенными в работе [10].

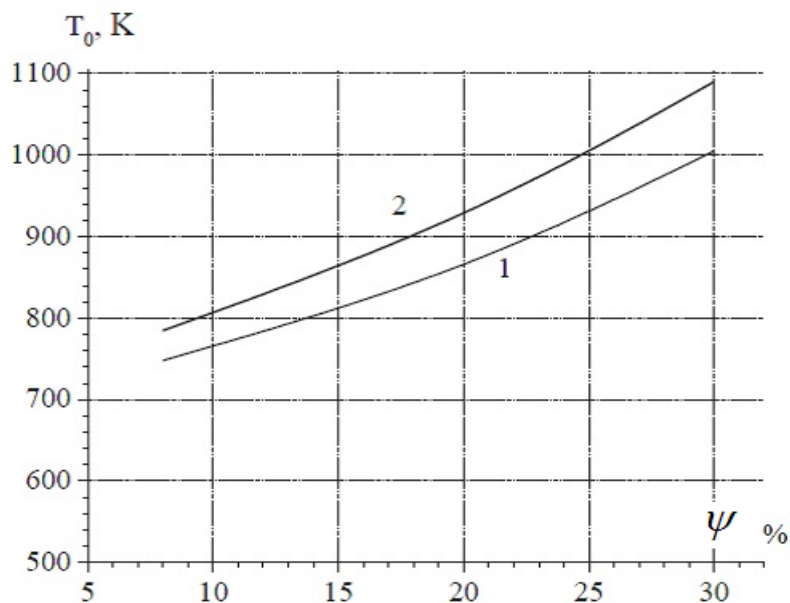


Рис. 3. Зависимость начальной температуры T_0 от влагосодержания ψ :
1 – натурный эксперимент; 2 – численный эксперимент

В ходе численного моделирования была получена графическая зависимость продолжительности теплового воздействия на торфяной пласт с влагосодержанием $\psi=15\%$ от плотности теплового потока, отображенная на рис. 4.

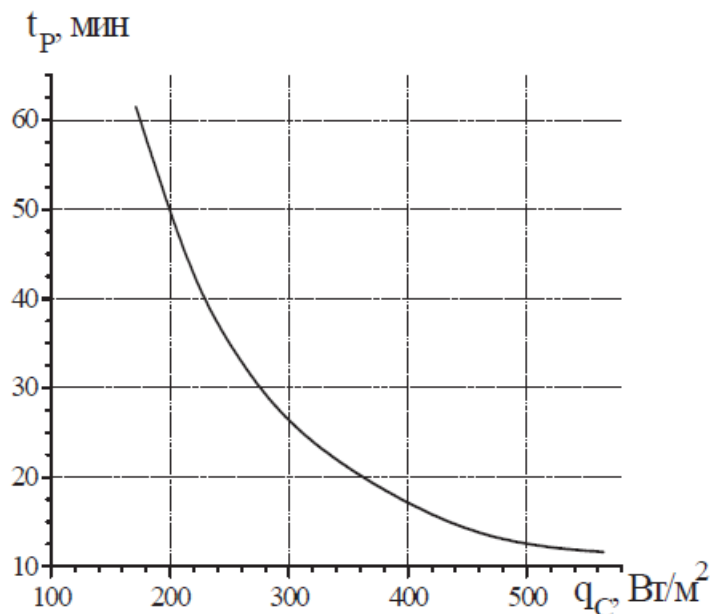


Рис. 4. Зависимость продолжительности теплового воздействия от плотности теплового потока

Таким образом, сформированная модель процесса зажигания недеформируемых пористо-дисперсных сред позволяет с достаточной точностью описать этот процесс, и полученные результаты применять для оценки пожарной опасности объектов, связанных со складированием опилок, отходов переработки зерновых и масличных культур, шрота, а также и, прежде всего, торфяной массы различной степени зернистости и уровня влагосодержания.

Литература

1. Гришин А.М., Зима В.П., Касымов Д.П. Моделирование воздействия очага горения на торф и древесину на испытательном комплексе в лабораторных условиях // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 12. С. 30–36. DOI: 10.18333/PVB.2016.25.12.30-36.
2. Физическое и математическое моделирование и распространение торфяных пожаров / А.Н. Голованов [и др.]. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2017. 124 с.
3. Субботин А.Н. Математическое моделирование распространения фронта пожара на торфяниках // Механика реагирующих сред и ее приложения: сб. науч. трудов. Новосибирск: Наука, 2015. С. 57–63.
4. Крейтор В.П., Потеряев Ю.К. Моделирование процессов горения торфа при развитии торфяных пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 4 (12). С. 56–63.
5. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.
6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.
7. George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aurell J., Hays M.D., Preston W.T., Gullett B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions // Atmospheric Environment. 2016. № 132. pp. 163–170.
8. Итерационно-интерполяционный метод и его приложения / А.М. Гришин [и др.]. Томск: Изд-во ТГУ, 2014. 320 с.
9. Борисов А.А., Киселев Я.С., Удилов В.П. Кинетические характеристики низкотемпературного горения торфа // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск: Наука, 2014. С. 23–30.
10. Звягильская А.И., Субботин А.Н. Влияние влагосодержания и тепло- и массообмена с окружающей средой на критические условия возникновения очага низового пожара // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32. № 5. С. 99–106.

References

1. Grishin A.M., Zima V.P., Kasymov D.P. Modelirovanie vozdeystviya ochaga goreniya na torf i drevesinu na ispytatel'nom komplekse v laboratornyh usloviyah // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 12. S. 30–36. DOI: 10.18333/PVB.2016.25.12.30-36.
2. Fizicheskoe i matematicheskoe modelirovanie i rasprostranenie torfyanyh pozharov / A.N. Golovanov [i dr.]. Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 2017. 124 s.
3. Subbotin A.N. Matematicheskoe modelirovanie rasprostraneniya fronta pozhara na torfyanihah // Mekhanika reagiruyushchih sred i ee prilozheniya: sb. nauch. trudov. Novosibirsk: Nauka, 2015. S. 57–63.
4. Krejtor V.P., Poteryaev Yu.K. Modelirovanie processov goreniya torfa pri razvitii torfyanyh pozharov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2009. № 4 (12). S. 56–63.
5. Teplofizicheskie zakonomernosti razvitiya pozharnoj opasnosti na promyshlennyh predpriyatiyah i neftegazovyh ob"ektah: monografiya / D.Yu. Minkin [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. 464 s.
6. Vargaftik N.B. Spravochnik po teplofizicheskim svojstvam gazov i zhidkosteij. M.: Nauka, 1972. 720 s.
7. George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aurell J., Hays M.D., Preston W.T., Gullett B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions // Atmospheric Environment. 2016. № 132. pp. 163–170.
8. Iteracionno-interpolyacionnyj metod i ego prilozheniya / A.M. Grishin [i dr.]. Tomsk: Izd-vo TGU, 2014. 320 s.

9. Borisov A.A., Kiselev Ya.S., Udilov V.P. Kineticheskie harakteristiki nizektemperaturnogo goreniya torfa // *Teplofizika lesnyh pozharov*. Novosibirsk: Nauka, 2014. S. 23–30.

10. Zvyagil'skaya A.I., Subbotin A.N. Vliyanie vlagosoderzhaniya i teplo- i massoobmena s okruzhayushchej sredoj na kriticheskie usloviya vozniknoveniya ochaga nizovogo pozhara // *Fizika goreniya i vzryva*. 1996. T. 32. № 5. S. 99–106.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ВУЗЕ МЧС РОССИИ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент;
Н.И. Егорова, кандидат физико-математических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Раскрыта актуальность компетенций в области спектрального анализа для специалиста пожарно-технического профиля. Приведено описание компьютерного моделирования методики спектрального анализа для формирования практических навыков измерения длин волн, энергии, интенсивности излучений, близких к натурным экспериментам.

Ключевые слова: спектр, спектральный анализ, безопасность сложных технологических процессов, взрывотехническая экспертиза, пожарно-техническая экспертиза, виртуальный лабораторный комплекс

USING COMPUTER MODELING TO DEVELOP COMPETENCIES IN THE FIELD OF SPECTRAL ANALYSIS AT THE EMERCOM OF RUSSIA UNIVERSITY

L.V. Medvedeva; I.L. Danilov; N.I. Egorova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The relevance of competencies in the field of spectral analysis for a fire-technical specialist is revealed. The description of computer modeling of spectral analysis techniques for the formation of practical skills for measuring wavelengths, energy, and radiation intensity close to full-scale experiments is given.

Keywords: spectrum, spectral analysis, safety of complex technological processes, explosive expertise, fire and technical expertise, virtual laboratory complex

Одним из наиболее точных физических методов определения состава вещества является спектральный анализ. Основа спектрального анализа – это спектроскопия атомов и молекул [1].

Спектроскопия – это раздел физики, изучающий спектры электро-магнитного излучения. Методами спектроскопии исследуют уровни энергии атомов, молекул

и образованных из них макроскопических систем, а также квантовые переходы между уровнями энергии, что позволяет получить полную информацию о строении и свойствах вещества.

Спектральный анализ классифицируют по целям анализа и типам спектров. Атомный спектральный анализ (АСА) определяет химический состав веществ по атомным (ионным) спектрам испускания и поглощения, молекулярный спектральный анализ (МСА) определяет молекулярный состав веществ по молекулярным спектрам поглощения, люминесценции и комбинационного рассеяния света.

Эмиссионный спектральный анализ производят по спектрам испускания атомов, ионов и молекул, возбужденным различными источниками теплового или электромагнитного излучения.

Абсорбционный спектральный анализ осуществляют по спектрам поглощения электромагнитного излучения анализируемыми объектами (атомами, молекулами, ионами вещества, находящегося в различных агрегатных состояниях).

Значительный вклад в развитие теории и практики применения спектрального анализа в различных областях промышленности внесли отечественные ученые Г.С. Ландсберг, С.Л. Мандельштам, И.С. Фишман, А.Н. Зайдель, В.М. Чулановский, А.К. Русанов, В.К. Прокофьев и др. [2–4].

Основными достоинствами современных методов спектрального анализа являются высокая чувствительность, простота и быстрота проведения анализа проб вещества, что позволяет на практике осуществлять оперативный контроль состава веществ (в любых агрегатных состояниях) и концентраций примесей до 10^{-8} – 10^{-9} %, а также обеспечить качество и безопасность сложных технологических процессов в различных областях промышленного производства.

В машиностроении, например, исходными материалами металлообрабатывающих предприятий являются заготовки, полученные путем литья и в результате обработки металлов давлением (поковки и металлопрокат). Для предотвращения неисправимого брака и существенных экономических потерь организация входящего контроля химического состава заготовок осуществляется методами спектрального анализа. В металлургии спектральный анализ применяют с целью получения новых материалов с заданными свойствами и при ведении плавки для получения оперативной информации о химическом составе сплава [5].

Методы спектрального анализа активно применяют в астрофизике, биологии, геологии, экологии, медицине, криминалистике и в пожарном деле при проведении взрывотехнических и пожарно-технических экспертиз.

В ходе взрывотехнической экспертизы применение методов спектрального анализа позволяет достоверно ответить на следующие вопросы: 1) какое взрывчатое вещество использовалось в качестве заряда; 2) самодельного или промышленного изготовления взрывчатое вещество, использованное во взрывном устройстве; 3) из какого материала изготовлен корпус оболочки взрывного устройства.

Основной задачей пожарно-технической экспертизы является определение технической причины пожара. Именно от решения этой задачи в значительной степени зависит эффективность профилактических работ для предотвращения пожаров.

Установлено, что одним из самых доступных горючих веществ, которое используется в качестве инициатора горения, является углеводородное топливо (бензин, дизельное топливо), которое должно быть идентифицировано при расследовании пожаров. В настоящее время методом ИК-спектроскопии получены ИК-спектры бензина и дизельного топлива, что позволило разработать универсальную методику идентификации углеродного топлива при проведении пожарно-технической экспертизы.

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России в рамках программы развития материальной базы учебно-научной лаборатории нанотехнологий введена

в эксплуатацию нанолаборатория INTEGRA Spectra, которая включает в себя в качестве подсистем конфокальный сканирующий лазерный спектрометр высокого пространственного разрешения, оптический микроскоп и универсальный сканирующий зондовый микроскоп.

Таким образом, нанолаборатория INTEGRA Spectra является комбинированной измерительной системой, интегрирующей атомно-силовую, конфокальную, флуоресцентную спектроскопии.

Техническая модернизация учебно-научной лаборатории нанотехнологий позволила осуществить развитие инновационных для системы МЧС России, следующих перспективных направлений научно-практических работ в области обеспечения пожарной безопасности:

- разработка метода идентификации взрывчатых веществ и материалов и инициаторов горения после террористического акта или пожара с помощью спектров комбинационного рассеяния;

- снижение пожарной опасности процесса транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей путем добавления в жидкость углеродных нанотрубок;

- разработка методики применения огнетушащих составов с регулируемыми наноразмерными компонентами для целей пожаротушения в больших температурных диапазонах;

- разработка методов пожарно-технической экспертизы с использованием сканирующей зондовой микроскопии;

- исследования эксплуатационных характеристик строительных материалов, модифицированных углеродными наноконпонентами с целью повышения их огнестойкости.

С позиций вышеизложенного, формирование у будущих инженеров пожарно-технического профиля компетенций в области спектрального анализа в настоящее время становится объективной потребностью, а, следовательно, актуальной задачей образовательной системы МЧС России, решение которой требует создания образовательных условий для отработки навыков и умений спектрального анализа.

Универсальными этапами спектрального анализа являются: приготовление пробы, атомизация (испарение) пробы, получение спектров вещества, визуальное наблюдение спектров и сравнение полученных спектров с калибровочными данными.

Для освоения способов визуализации, аналитического и графического представления спектров веществ обучающиеся должны выполнять на лабораторных занятиях задания на приборах с различными методами регистрации излучения, сравнивая их достоинства и недостатки [6, 7]:

- спектроскоп (визуальное наблюдение спектра);

- спектрограф (фотография спектра);

- спектрометр или спектрофотометр (запись спектра на бумаге или вывод на экран монитора).

Однако в настоящее время создание образовательных условий для освоения указанных способов наблюдения и исследования спектров различных веществ на приборах с различными методами регистрации излучения является дорогостоящим педагогическим проектом, требующим не только большие затраты на техническое оснащение лабораторий, но и особых условий содержания и обслуживания лабораторного оборудования.

В связи с указанными причинами большинство инженерно-технических вузов России и специальных кафедр не проводят натурные эксперименты с современными спектральными приборами индивидуальным методом. В свою очередь, коллективное наблюдение демонстраций методов спектрального анализа на учебном занятии, по мнению преподавателей, не может привить индивидуальных навыков практической работы, а значит, и добиться существенного педагогического результата.

Именно с этих позиций создание необходимых условий в учебном процессе дисциплины «Физика» для отработки практических навыков спектрального анализа становится актуальной образовательной задачей, для решения которой необходимо

максимально использовать современные методики компьютерного моделирования как самих спектральных приборов, так и получаемых в результате их применения выходных данных.

Такой подход, хотя и имеет свои недостатки, связанные с ограниченным объёмом времени общения обучающихся с реальным оборудованием, но всё же позволяет привить практические навыки измерения длин волн, энергии, интенсивности излучений, близких к натурным экспериментам.

Одним из примеров подобной методики проведения лабораторно-практических занятий по физике является разработанный на кафедре физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России виртуальный лабораторный комплекс в сочетании с универсальной программой тестирования знаний в среде EXCEL.

В рамках оснащения лабораторного комплекса были разработаны три виртуальные лабораторные установки, посвященные темам «Интерференция» и «Дифракция» [8–11].

При выполнении лабораторной работы «Определение радиуса кривизны линзы и длины световой волны по наблюдению колец Ньютона в отраженном свете» обучающиеся подробно изучают явление интерференции на примере возникновения колец Ньютона в системе, состоящей из плоскопараллельной пластинки и плосковыпуклой линзы с большим радиусом кривизны. Пример такой системы показан на рис. 1.

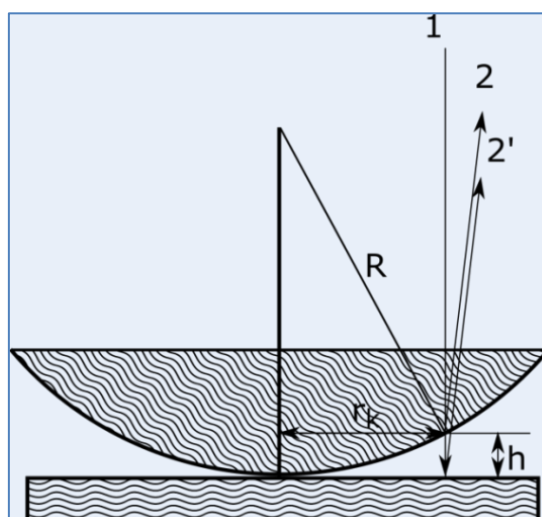


Рис. 1. Схема прохождения лучей в схеме линза – плоскопараллельная пластинка

В результате сложения лучей, отраженных от нижней границы линзы и верхней границы пластинки (рис. 1), вблизи точки касания линзы и пластинки наблюдается система концентрических чередующихся светлых и темных колец (рис. 2). Радиус темных колец r_k зависит от длины волны падающего света λ и от радиуса кривизны линзы R следующим образом [8, 9]: $r_k = \sqrt{Rk\lambda}$, где k – это номер кольца. Таким образом, измеряя радиусы этих колец, можно при известной длине волны определить радиус кривизны линзы, и, наоборот, зная радиус кривизны – определить неизвестную длину волны света, освещающего установку.

Для создания комплекса виртуальных лабораторных работ был выбран офисный пакет приложений Microsoft Office и, в частности, программа Microsoft Excel.

Такой выбор обусловлен следующими факторами:

– во-первых, основы работы в программе Microsoft Excel входят в курс изучения «Информатики» как в школе, так и в вузах;

- во-вторых, данное программное обеспечение установлено у большинства пользователей, и, следовательно, не требует дополнительных затрат на установку;
- в-третьих, Microsoft Excel обладает достаточным математическим аппаратом для расчета всех необходимых функций и визуализации их построения с помощью виртуальных измерительных инструментов.

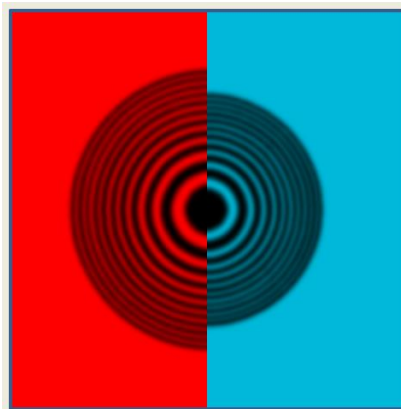


Рис. 2. Кольца Ньютона в зеленом и красном свете

При разработке данной виртуальной лабораторной работы основная задача заключалась в построении изображения не менее 10 пар концентрических колец заданного радиуса, кроме того, было необходимо продумать возможность измерения радиуса темных колец.

Поставленная задача была решена, с одной стороны, с помощью встроенных функций программы, которые использовались для расчета радиуса колец (рис. 3 а). С другой стороны, для прорисовки колец в заданной точке, а также окраски данных колец в соответствии с заданной в варианте длиной волны были использованы макросы и язык программирования Excel VBA (Visual Basic for Applications) (рис. 3 б).

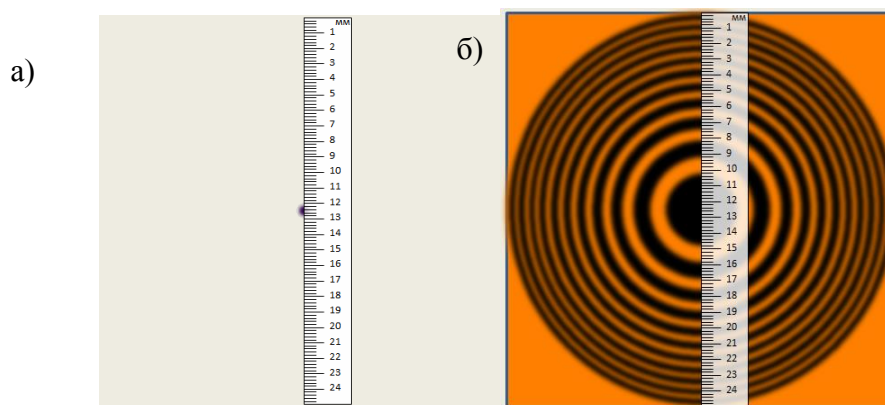


Рис. 3. Пример изображений, отображаемых на экране программой во время выполнения лабораторной работы:
а) до ввода номера варианта; б) после ввода номера варианта

Оценка размеров колец Ньютона показала, что при радиусе кривизны линзы от 9 м до 25 м можно ограничить рабочую область по каждой их сторон 25 мм (рис. 3 б). Для упрощения расчета переводных коэффициентов каждый пиксель изображения приняли равным 0,1 мм. Следующим шагом стало определение координат расположения рабочего поля и его цвета в соответствии с заданной в варианте длиной волны. Затем делался расчет положения колец и их прорисовка от большего к меньшему, что позволило избежать перекрывания колец друг другом. Кроме того, для получения более реалистичного

изображения края колец были размыты так, чтобы получался плавный переход от максимума к минимуму интерференционной картины. На последнем шаге осуществлялась прорисовка линейки с делениями, чье положение рассчитывалось с учетом выбранного масштаба. Описанное выше построение рабочей области является универсальным и позволяет для каждого варианта задать свои начальные условия, достаточно легко вносить в них необходимые изменения.

На данном этапе работа включает 15 вариантов, которые различаются по следующим параметрам: радиус кривизны линзы, известная и неизвестная длины волн света. Такой подход позволяет сделать работу каждого курсанта самостоятельной.

Еще две работы раздела «Волновая оптика» относятся к теме «Дифракция», в первой – обучающиеся изучают явление дифракции на щели, во второй – на дифракционной решетке.

В обеих работах курсанты работают с графиками функции распределения интенсивности света на экране после прохождения препятствия. Данные работы пересекаются с натурными лабораторными работами, где обучающиеся могут наглядно познакомиться с распределением дифракционных минимумов и максимумов.

В первой лабораторной работе курсантам предлагается исследовать зависимость положения первых дифракционных максимумов в зависимости от ширины щели. Для этого на экране моделируется распределение интенсивности света на экране (рис. 4) по формуле [5, 6]:

$$I_{\varphi} = I_0 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} \cdot b \cdot \sin \varphi\right)}{\left(\frac{\pi}{\lambda} \cdot b \cdot \sin \varphi\right)^2},$$

где I_0 – интенсивность света в центре дифракционной картины ($\varphi = 0$); b – ширина щели; λ – длина световой волны; φ – угол дифракции. В ходе работы обучающиеся меняют значение ширины щели, в результате чего меняется положения минимумов функции. Зная ширину щели и определяя положение первых минимумов из графика, обучающиеся вычисляют значение длины волны света (рис. 4).

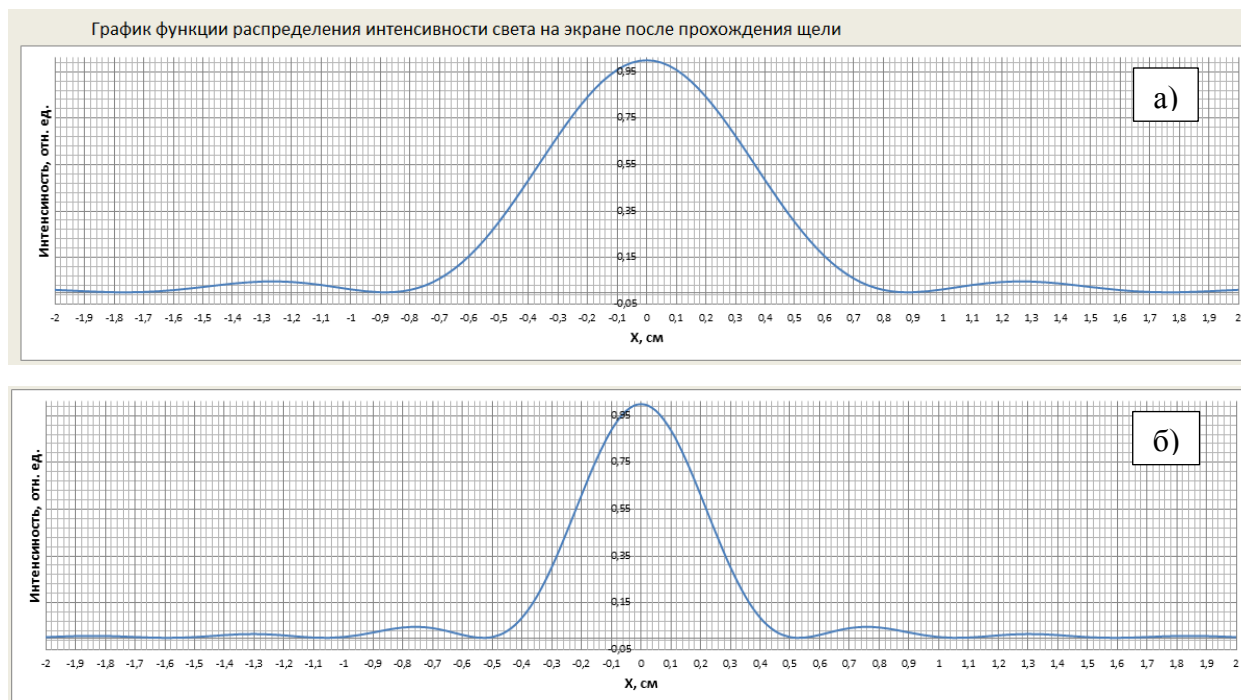


Рис. 4. Рабочая часть лабораторной работы, демонстрирующая распределение интенсивности света на экране после дифракции на щели:

а) ширина щели $b = 6 \cdot 10^{-5}$ м; б) ширина щели $b = 1 \cdot 10^{-4}$ м

Во второй работе, посвященной изучению работы дифракционной решетки, также используется моделирование зависимости распределения интенсивности света на экране после прохождения препятствия, которым в данном случае служит дифракционная решетка с 10 щелями. Данное распределение описывается формулой [5, 6]:

$$I_{\varphi} = I_0 \frac{\sin^2\left(\pi b \sin \frac{\varphi}{\lambda}\right)}{\left(\pi b \sin \frac{\varphi}{\lambda}\right)^2} \cdot \frac{\sin^2\left(\pi N d \sin \frac{\varphi}{\lambda}\right)}{\left(\pi N d \sin \frac{\varphi}{\lambda}\right)^2},$$

где N – число штрихов дифракционной решетки.

Основным отличием данной разработки является смоделированная возможность наблюдения дифракционной картины при освещении решетки светом с разными длинами волн (рис. 5), из которых одна является известной и позволяет рассчитать период решетки, а две другие – неизвестны, и их предлагается определить при дальнейшем выполнении работы.

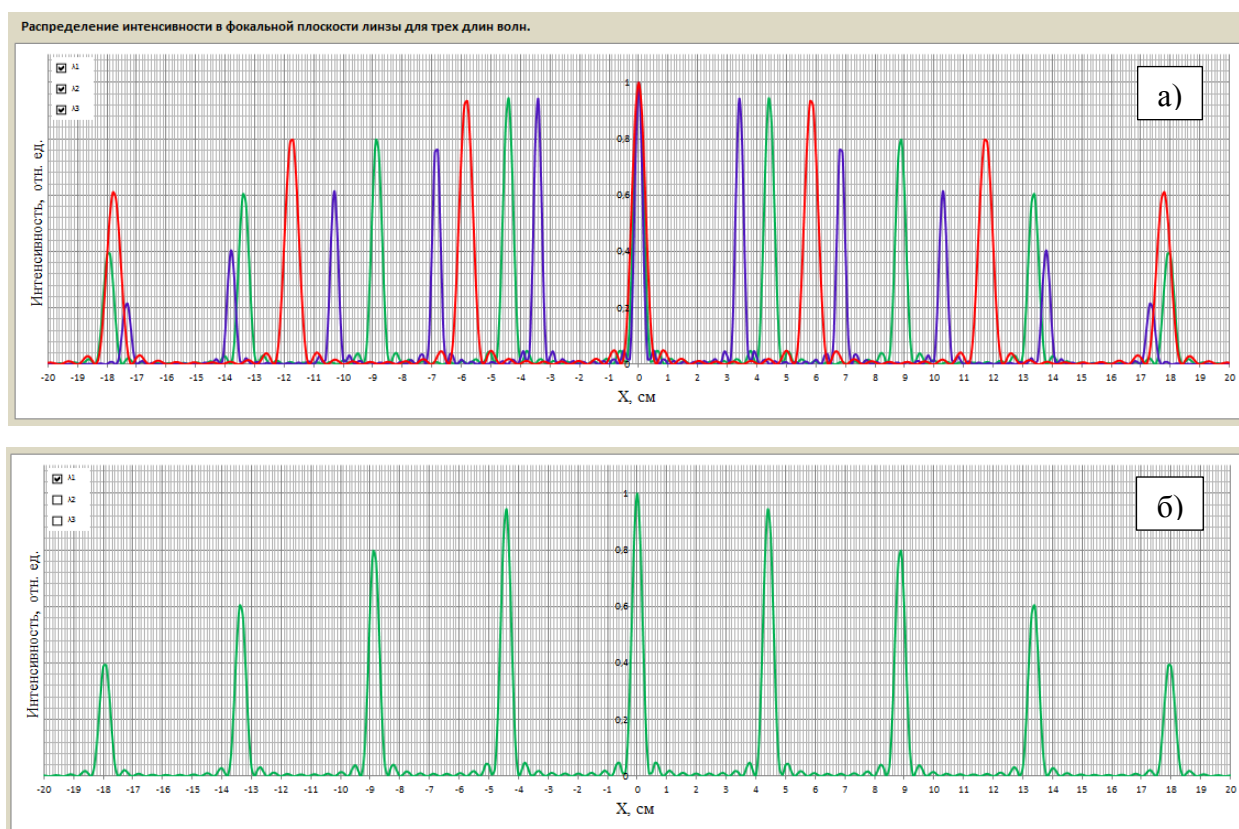


Рис. 5. Рабочая часть лабораторной работы, демонстрирующая распределение интенсивности света на экране после прохождения дифракционной решетки: а) показано для всех длин волн; б) только для известной длины волны

Для того чтобы разгрузить информационную составляющую рабочей области, была предусмотрена возможность отдельного выведения на экран графиков для каждой из длин волн рис. 5 б. С этой целью был использован объект Check Box (флажок) из «элементов управления формой», встроенных в Microsoft Excel. Данный объект позволяет присваивать определенной ячейке одно из двух значений «истина» или «ложь», после этого можно вставить значение данной ячейки в формулу с функцией «ЕСЛИ». Таким образом, если флажок отмечен галочкой, нужный график выводится на экран, если галочка не стоит – не выводится. Такой подход позволяет, с одной стороны наглядно показать, как влияет

на дифракционную картину изменение длины волны света, падающего на установку, с другой стороны, упростить точное определение положения дифракционных максимумов, особенно в случае, когда они перекрывают друг друга.

Вариативность работ по дифракции достигается использованием различных значений длин волн, изменением расстояния до щели, а в случае работы с дифракционной решеткой меняются ее параметры, такие как длина и период решетки.

Использование среды Microsoft Excel позволяет обучающимся не только выполнять представленные работы, но и проводить последующую математическую обработку. Данный аспект позволяет делать основные акценты занятия на его физической составляющей. Представленные работы апробированы и успешно используются в лаборатории [12, 13].

Итоговый контроль усвоения учебного материала производится методом интерактивного тестирования с помощью «Универсальной программы тестирования знаний», на которую имеется авторское свидетельство на программный продукт [14].

Литература

1. Зайдель А.Н. Основы спектрального анализа. М., 1965. 324 с.
2. Фишман И.С. Методы количественного спектрального анализа. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1964. 179 с.
3. Чулановский В.М. Введение в молекулярный спектральный анализ. М., Л.: Гос. изд-во техн.-теор. лит., 1951. 416 с.
4. Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Наука, 1972.
5. Русанов А.К. Основы количественного спектрального анализа руд и минералов. М., 1971.
6. Пейсахсон И.В. Оптика спектральных приборов. Л., 1975.
7. Тарасов К.И. Спектральные приборы. Л., 1977.
8. Физика. Волновая оптика: руководство к лабораторно-практическим занятиям / И.Л. Данилов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 167 с.
9. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Автоматизация изучения явлений волновой оптики на примере интерференции в виде колец Ньютона: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017662290, 02.11.2017. Заявка № 2017619169 от 12.09.2017.
10. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Автоматизация изучения явлений волновой оптики на примере дифракции на дифракционной решётке: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017662291, 02.11.2017. Заявка № 2017619170 от 12.09.2017.
11. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Автоматизация изучения явлений волновой оптики на примере дифракции на щели: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2017661810, 20.10.2017. Заявка № 2017619183 от 12.09.2017.
12. Медведева Л.В., Данилов И.Л., Егорова Н.И. Интеграция натуральных и виртуальных лабораторных работ на примере изучения темы «Дифракция» // Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / сост. Н.Е. Егорова. 2018. С. 135–139.
13. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Лабораторный практикум по физике на основе моделирования в среде MS EXCEL // Информационное общество: образование, наука, культура и технологии будущего. 2017. № 1. С. 104–113.
14. Данилов И.Л., Егорова Н.И. Универсальная программа тестирования знаний: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. № 2018660593, 27.08.2018. Заявка № 201861768 от 17.08.2018.

References

1. Zajdel' A.N. Osnovy spektral'nogo analiza. M., 1965. 324 s.
2. Fishman I.S. Metody kolichestvennogo spektral'nogo analiza. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1964. 179 s.

3. Chulanovskij V.M. Vvedenie v molekulyarnyj spektral'nyj analiz. M., L.: Gos. izd-vo tekhn.-teor. lit., 1951. 416 s.
4. Mandel'shtam L.I. Lekcii po optike, teorii otnositel'nosti i kvantovoj mekhanike. M.: Nauka, 1972.
5. Rusanov A.K. Osnovy kolichestvennogo spektral'nogo analiza rud i mineralov. M., 1971.
6. Pejsahson I.V. Optika spektral'nyh priborov. L., 1975.
7. Tarasov K.I. Spektral'nye pribory. L., 1977.
8. Fizika. Volnovaya optika: rukovodstvo k laboratorno-prakticheskim zanyatiyam / I.L. Danilov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2016. 167 s.
9. Danilov I.L., Egorova N.I. Avtomatizaciya izucheniya yavlenij volnovoj optiki na primere interferencii v vide kolec N'yutona: svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2017662290, 02.11.2017. Zayavka № 2017619169 ot 12.09.2017.
10. Danilov I.L., Egorova N.I. Avtomatizaciya izucheniya yavlenij volnovoj optiki na primere difrakcii na difrakcionnoj reshgotke: svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2017662291, 02.11.2017. Zayavka № 2017619170 ot 12.09.2017.
11. Danilov I.L., Egorova N.I. Avtomatizaciya izucheniya yavlenij volnovoj optiki na primere difrakcii na shcheli: svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2017661810, 20.10.2017. Zayavka № 2017619183 ot 12.09.2017.
12. Medvedeva L.V., Danilov I.L., Egorova N.I. Integraciya natural'nyh i virtual'nyh laboratornyh rabot na primere izucheniya temy «Difrakciya» // Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: sb. materialov III Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem / sost. N.E. Egorova. 2018. S. 135–139.
13. Danilov I.L., Egorova N.I. Laboratornyj praktikum po fizike na osnove modelirovaniya v srede MS EXCEL // Informacionnoe obshchestvo: obrazovanie, nauka, kul'tura i tekhnologii budushchego. 2017. № 1. S. 104–113.
14. Danilov I.L., Egorova N.I. Universal'naya programma testirovaniya znaniy: svidetel'stvo o gos. registracii programmy dlya EVM. № 2018660593, 27.08.2018. Zayavka № 201861768 ot 17.08.2018.

УДК 678.029.34

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЗРЫВОПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ

А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент;

С.А. Мещеряков.

**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова.**

Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена методика экспериментального определения зависимости скорости резания от параметров резания при токарной обработке. Представлены результаты экспериментального определения скорости резания от параметров резания при токарной обработке углепластика.

Ключевые слова: композиционный материал, резание, механическая обработка

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MACHINING OF POLYMER COMPOSITES AND THEIR INFLUENCE ON EXPLOSION HAZARD

A. Yu. Andryushkin; S. A. Meshcheryakov.

Baltic state technical university «VOENMEH» of D. F. Ystinov.

E. N. Kadochnikova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A method of experimental determination of the dependence of the cutting speed on the cutting parameters during turning is proposed. The results of experimental determination of the cutting speed from the cutting parameters for turning carbon fiber are presented.

Keywords: composite material, cutting, mechanical processing

Режим механической обработки резанием – это совокупность технологических параметров: глубина резания, скорость резания, сила резания, мощность резания, подача на оборот, подача на зуб. Технологические параметры определяют качество продукции, производительность обработки, технико-экономические показатели, а также обуславливают взрывопожарную опасность производства. Механическая обработка полимерных композиционных материалов (ПКМ) связана с преодолением значительных сил трения, в результате чего происходит нагревание обрабатываемого материала, режущего инструмента и отходов (стружки). Режим механической обработки обуславливает степень разогрева ПКМ. Необходимо отметить, что теплоотвод из зоны резания у ПКМ хуже, чем у многих металлических материалов.

Высокую взрывопожарную опасность создает стружка в виде пыли (аэрозвесь), образующаяся при механической обработке ПКМ. Пыль оседает на оборудовании, элементах здания и образует легкогорючую среду (аэрогель), способную воспламениться от незначительного источника тепла. Источниками зажигания в цехах механической

обработки ПКМ могут быть электрические искры, теплота трения, самовозгорание отложений пыли, разряды статического электричества.

Повышение температуры в зоне резания ограничено низкой термической стойкостью полимерной матрицы ПКМ и стойкостью режущего инструмента. Процессы деструкции у большинства ПКМ начинаются при температурах 200–250 °С, поэтому при механической обработке недопустимо повышение температуры заготовки до этих температур [1–4].

Стойкость режущего инструмента зависит от температуры в зоне резания и обусловлена, прежде всего, скоростью резания. Поэтому установление зависимости между стойкостью инструмента и скоростью резания важно для качественного выполнения технологического процесса механической обработки ПКМ.

При обработке не содержащего абразивного наполнителя ПКМ могут быть применены инструменты из быстрорежущей стали, которые используют для обработки традиционных металлов и сплавов. При наличии в ПКМ абразивного наполнителя инструмент из быстрорежущей стали интенсивно изнашивается и имеет низкую стойкость. При резании ПКМ стойкость инструментов из твердых сплавов превосходит стойкость инструментов из быстрорежущих сталей в десятки раз.

К наиболее часто применяемым способам механической обработки относят:

- токарную обработку;
- фрезерную обработку;
- сверление отверстий [5–8].

Методика экспериментального определения зависимости скорости резания от параметров резания при токарной обработке. Проведем экспериментальное определение скорости резания от параметров резания (T – период стойкости инструмента; t – глубина резания; S – подача) при точении образцов из ПКМ случайным образом [9–12]. Осуществим ряд экспериментов, в которых параметры резания задаются случайно.

Эмпирическая зависимость скорости резания от параметров резания при токарной обработке описывается выражением:

$$v = \frac{C}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (1)$$

где C , m , x , y – эмпирический коэффициент и показатели степени, зависящие от вида обрабатываемого материала, геометрии режущего инструмента, условий обработки; v – скорость резания, м/мин; T – период стойкости инструмента, мин; t – глубина резания, мм; S – подача, мм/об.

В выражении (1) по результатам экспериментов нужно определить эмпирический коэффициент и эмпирические показатели степени. Перепишем выражение (1) в следующем виде:

$$C = v \cdot T^m \cdot t^x \cdot S^y.$$

Примем допущение, что эмпирический коэффициент постоянен $C = \text{const}$, а изменяются только показатели степени при параметрах резания. Тогда произведение скорости резания на параметры резания в одном эксперименте равно произведению скорости резания на параметры резания в любом другом эксперименте:

$$v_1 \cdot T_1^m \cdot t_1^x \cdot S_1^y = \dots = v_i \cdot T_i^m \cdot t_i^x \cdot S_i^y = v_j \cdot T_j^m \cdot t_j^x \cdot S_j^y = \dots = v_k \cdot T_k^m \cdot t_k^x \cdot S_k^y,$$

где i, j – номер эксперимента; k – количество выполненных экспериментов.

Для двух любых экспериментов можно записать:

$$\frac{v_i}{v_j} \cdot \left(\frac{T_i}{T_j}\right)^m \cdot \left(\frac{t_i}{t_j}\right)^x \cdot \left(\frac{S_i}{S_j}\right)^y = 1.$$

Таким образом, параметры резания любых двух экспериментов i и j связаны соотношением (4). Прологарифмируем соотношение (4):

$$\ln\left(\frac{v_i}{v_j}\right) + m \cdot \ln\left(\frac{T_i}{T_j}\right) + x \cdot \ln\left(\frac{t_i}{t_j}\right) + y \cdot \ln\left(\frac{S_i}{S_j}\right) = 0. \quad (2)$$

При выбранном значении j можно записать k таких уравнений.

Для определения трех эмпирических показателей степени m , x , y необходимо из k уравнений (2) выбрать любые три уравнения и составить из них систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{v_1}{v_0}\right) + m \cdot \ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right) + x \cdot \ln\left(\frac{t_1}{t_0}\right) + y \cdot \ln\left(\frac{S_1}{S_0}\right) &= 0; \\ \ln\left(\frac{v_2}{v_0}\right) + m \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_0}\right) + x \cdot \ln\left(\frac{t_2}{t_0}\right) + y \cdot \ln\left(\frac{S_2}{S_0}\right) &= 0; \\ \ln\left(\frac{v_3}{v_0}\right) + m \cdot \ln\left(\frac{T_3}{T_0}\right) + x \cdot \ln\left(\frac{t_3}{t_0}\right) + y \cdot \ln\left(\frac{S_3}{S_0}\right) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В этих уравнениях индексом 0 обозначены параметры выбранного базового эксперимента j , через параметры которого вычисляются параметры любых трех экспериментов из k экспериментов, которые обозначены индексами 1, 2, 3. Таких сочетаний из k экспериментов по три может быть получено a вариантов:

$$a = \frac{k \cdot (k-1) \cdot (k-2)}{6}.$$

Таким образом, можно получить a значений каждого из эмпирических показателей степени m , x , y , которые будут характеризоваться определенным полем рассеяния. Окончательное значение их можно определить как среднюю величину из полученных a значений:

$$m = \frac{\sum_{n=1}^a m_n}{a}, \quad x = \frac{\sum_{n=1}^a x_n}{a}, \quad y = \frac{\sum_{n=1}^a y_n}{a},$$

где n – число полученных значений, $n=1 \dots a$.

Для вычисления эмпирических показателей степени m , x , y можно использовать другой подход. Сложим три уравнения СЛАУ (3). В результате получим:

$$\ln\left(\frac{v_1 \cdot v_2 \cdot v_3}{v_0^3}\right) + m \cdot \ln\left(\frac{T_1 \cdot T_2 \cdot T_3}{T_0^3}\right) + x \cdot \ln\left(\frac{t_1 \cdot t_2 \cdot t_3}{t_0^3}\right) + y \cdot \ln\left(\frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}{S_0^3}\right) = 0. \quad (4)$$

Обобщенное соотношение (4) можно скомпоновать из параметров любого количества i экспериментов:

$$\ln \frac{\prod_{n=1}^i v_n}{v_0^i} + m \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i T_n}{T_0^i} + x \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i t_n}{t_0^i} + y \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i S_n}{S_0^i} = 0. \quad (5)$$

При проведении большого количества экспериментов их можно разделить на три группы: в первую группу войдут эксперименты от 1 до i , во вторую – от $i+1$ до j , в третью – от $j+1$ до k .

Аналогично СЛАУ (3) можно составить из выражений (5) СЛАУ для большого числа экспериментов:

$$\begin{aligned} \ln \frac{\prod_{n=1}^i v_n}{v_0^i} + m \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i T_n}{T_0^i} + x \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i t_n}{t_0^i} + y \cdot \ln \frac{\prod_{n=1}^i S_n}{S_0^i} &= 0; \\ \ln \frac{\prod_{n=i+1}^j v_n}{v_0^{j-i}} + m \cdot \ln \frac{\prod_{n=i+1}^j T_n}{T_0^{j-i}} + x \cdot \ln \frac{\prod_{n=i+1}^j t_n}{t_0^{j-i}} + y \cdot \ln \frac{\prod_{n=i+1}^j S_n}{S_0^{j-i}} &= 0; \\ \ln \frac{\prod_{n=j+1}^k v_n}{v_0^{k-j}} + m \cdot \ln \frac{\prod_{n=j+1}^k T_n}{T_0^{k-j}} + x \cdot \ln \frac{\prod_{n=j+1}^k t_n}{t_0^{k-j}} + y \cdot \ln \frac{\prod_{n=j+1}^k S_n}{S_0^{k-j}} &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Решение СЛАУ (3) или СЛАУ (6) являются подобными, для их решения применим матричный метод. В СЛАУ (3) или СЛАУ (6) введем коэффициенты a_{ij} и b_j .

Для СЛАУ (3) коэффициенты a_{ij} и b_j :

$$\begin{aligned} a_{11} &= \ln \frac{T_1}{T_0}, \quad a_{12} = \ln \frac{t_1}{t_0}, \quad a_{13} = \ln \frac{S_1}{S_0}, \quad b_1 = -\ln \frac{v_1}{v_0}; \\ a_{21} &= \ln \frac{T_2}{T_0}, \quad a_{22} = \ln \frac{t_2}{t_0}, \quad a_{23} = \ln \frac{S_2}{S_0}, \quad b_2 = -\ln \frac{v_2}{v_0}; \\ a_{31} &= \ln \frac{T_3}{T_0}, \quad a_{32} = \ln \frac{t_3}{t_0}, \quad a_{33} = \ln \frac{S_3}{S_0}, \quad b_3 = -\ln \frac{v_3}{v_0}. \end{aligned} \quad (7)$$

Для СЛАУ (6) коэффициенты a_{ij} и b_j :

$$a_{11} = \ln \frac{\prod_{n=1}^i T_n}{T_0^i}, \quad a_{12} = \ln \frac{\prod_{n=1}^i t_n}{t_0^i}, \quad a_{13} = \ln \frac{\prod_{n=1}^i S_n}{S_0^i}, \quad b_1 = -\ln \frac{\prod_{n=1}^i v_n}{v_0^i};$$

$$\begin{aligned}
 a_{21} &= \ell n \frac{\prod_{n=0}^j T_n}{T_0^{j-i}}, & a_{22} &= \ell n \frac{\prod_{n=0}^j t_n}{t_0^{j-i}}, & a_{23} &= \ell n \frac{\prod_{n=0}^j S_n}{S_0^{j-i}}, & b_2 &= -\ell n \frac{\prod_{n=0}^j v_n}{v_0^{j-i}}; \\
 a_{31} &= \ell n \frac{\prod_{n=j+1}^k T_n}{T_0^{k-i}}, & a_{32} &= \ell n \frac{\prod_{n=j+1}^k t_n}{t_0^{k-i}}, & a_{33} &= \ell n \frac{\prod_{n=j+1}^k S_n}{S_0^{k-i}}, & b_3 &= -\ell n \frac{\prod_{n=j+1}^k v_n}{v_0^{k-i}}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Перепишем СЛАУ (3) с учетом (7) или СЛАУ (6) с учетом (8):

$$\begin{aligned}
 a_{11} \cdot m + a_{12} \cdot x + a_{13} \cdot y &= b_1; \\
 a_{21} \cdot m + a_{22} \cdot x + a_{23} \cdot y &= b_2; \\
 a_{31} \cdot m + a_{32} \cdot x + a_{33} \cdot y &= b_3,
 \end{aligned}$$

или в матричной форме:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} m \\ x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}. \tag{9}$$

Неизвестные эмпирические показатели степени m , x , y в выражении (9) можно найти методом Крамера, который заключается в следующем.

1. Рассчитывают главный определитель системы:

$$\Delta = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31} - a_{11}a_{23}a_{32} - a_{12}a_{21}a_{33},$$

где Δ – главный определитель системы, при этом главный определитель $\Delta \neq 0$.

2. Рассчитывают вспомогательные определители системы:

$$\begin{aligned}
 \Delta_1 &= b_1a_{22}a_{33} - a_{12}a_{23}b_3 - a_{13}b_2a_{32} + a_{13}a_{22}b_3 + b_1a_{23}a_{32} + a_{12}b_2a_{33}, \\
 \Delta_2 &= -a_{11}b_2a_{33} - b_1a_{23}a_{31} - a_{13}a_{21}b_3 + a_{13}b_2a_{31} + a_{11}a_{23}b_3 + b_1a_{21}a_{33}, \\
 \Delta_3 &= -a_{11}a_{22}b_3 - a_{12}b_2a_{31} - b_1a_{21}a_{32} + b_1a_{22}a_{31} + a_{11}b_2a_{32} + a_{12}a_{21}b_3,
 \end{aligned}$$

где Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 – вспомогательные определители системы.

3. Находят эмпирические показатели степени m , x , y :

$$m = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad x = \frac{\Delta_2}{\Delta}, \quad y = \frac{\Delta_3}{\Delta}.$$

Эмпирический коэффициент C определим из выражения (1) для базового эксперимента:

$$C = v_0 \cdot T_0^m \cdot t_0^x \cdot S_0^y.$$

При известных значениях показателей степени m , x , y можно определить стойкость инструмента при других значениях скорости резания и параметрах резания:

$$T = T_0 \left(\frac{v_0}{v} \right)^{\frac{1}{m}} \cdot \left(\frac{t_0}{t} \right)^{\frac{x}{m}} \cdot \left(\frac{S_0}{S} \right)^{\frac{y}{m}}. \quad (10)$$

Из соотношения (10) следует, что от выбора значения скорости резания существенно зависит стойкость инструмента.

Таким образом, можно сделать вывод, что режим механической обработки безусловно влияет на взрывопожарную опасность образующейся при резании стружки. Для определения скорости резания от параметров резания при определенном способе механической обработки ПКМ используют эмпирические зависимости. По предложенной методике экспериментального определения скорости резания от параметров резания получено эмпирическое выражение для определения скорости резания от параметров резания при токарной обработке резцом с твердосплавной пластинкой из сплава карбида вольфрама и кобальта (ВКЗМ содержание кобальта 3 %) углепластика (карбоновый пруток, состоящий из 58 % углеродного волокна и 42 % эпоксидной матрицы).

Литература

1. Берлин А.А., Гаращенко А.Н., Кульков А.А. Способы и средства обеспечения требуемых показателей пожаробезопасности конструкций из полимерных композитов (обзор) // Пожаровзрывобезопасность. 2019. № 2. С. 9–30.
2. Оценка огнестойкости материалов и конструктивных элементов для авиационной техники / С.Л. Барботько [и др.] // Авиационная промышленность. 2018. № 2. С. 63–67.
3. Dhand V., Mittal G., Rhee K.Y., Park S.-J., Hui D. A short review on basalt fiber reinforced polymer composites // Composites Part B: Engineering. 2015. № 73. P. 166–180.
4. Исследование возможности снижения тепловыделения при горении композиционного материала за счет изменения его структуры / Е.Н. Шуркова [и др.] // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 1. С. 27–30.
5. Орлова Е.Е., Гурулева Г.В. Проблемы резания высокопрочных композитов // Актуальные проблемы в машиностроении. 2015. № 2. С. 17–20.
6. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А. Технологические методы изготовления и выбора режущего инструмента для фрезерования композиционных материалов на полимерной основе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Машиностроение. 2015. Т. 15. № 1. С. 35–46.
7. Черепяхин А.А., Солдатов В.Ф. Стойкостные испытания режущего инструмента: монография. М.: Русайнс, 2016. 122 с.
8. Рычков Д.А. Рационализация параметров фрезерования полимерных композиционных материалов // Актуальные проблемы в машиностроении. 2016. № 3. С. 100–105.
9. Рычков Д.А. Определение периода стойкости режущего инструмента при фрезеровании стеклотекстолита // Потенциал современной науки. 2014. № 2. С. 48–52.
10. Kahwasha F., Shyhaa I., Maheri A. Modelling of cutting fibrous composite materials current practice. Procedia CIRP, 2015, no. 28, P. 52–57. DOI: 10.1016/j.procir.2015.04.010.
11. Schorník V., Dana M., Zetková I. The Influence of the Cutting Conditions on the Machined Surface Quality when the CFRP is Machine. Procedia Engineering, 2015. № 100. P. 1270–1276. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.493.
12. Usui S., Wadel J., Marusich T. Finite Element Modeling of Carbon Fiber Composite Orthogonal Cutting and Drilling. Procedia CIRP. 2014. Vol. 14. P. 211–216. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.081.

References

1. Berlin A.A., Garashchenko A.N., Kul'kov A.A. Sposoby i sredstva obespecheniya trebuyemykh pokazatelej pozharobezопасnosti konstrukcij iz polimernyh kompozitov (obzor) // Pozharovzryvobezопасnost'. 2019. № 2. S. 9–30.
2. Ocenka ognestojkosti materialov i konstruktivnyh elementov dlya aviacionnoj tekhniki / S.L. Barbot'ko [i dr.] // Aviacionnaya promyshlennost'. 2018. № 2. S. 63–67.
3. Dhand V., Mittal G., Rhee K.Y., Park S.-J., Hui D. A short review on basalt fiber reinforced polymer composites // Composites Part B: Engineering. 2015. № 73. P. 166–180.
4. Issledovanie vozmozhnosti snizheniya teplovydeleniya pri gorenii kompozitsionnogo materiala za schet izmeneniya ego struktury / E.N. SHurkova [i dr.] // Aviacionnye materialy i tekhnologii. 2012. № 1. S. 27–30.
5. Orlova E.E., Guruleva G.V. Problemy rezaniya vysokoprochnyh kompozitov // Aktual'nye problemy v mashinostroenii. 2015. № 2. S. 17–20.
6. Lobanov D.V., Yanyushkin A.S., Rychkov D.A. Tekhnologicheskie metody izgotovleniya i vybora rezhushchego instrumenta dlya frezerovaniya kompozitsionnyh materialov na polimernoj osnove // Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Mashinostroenie. 2015. T. 15. № 1. S. 35–46.
7. Cherepahin A.A., Soldatov V.F. Stojkostnye ispytaniya rezhushchego instrumenta: monografiya. M.: Rusajns, 2016. 122 s.
8. Rychkov D.A. Racionalizaciya parametrov frezerovaniya polimernyh kompozitsionnyh materialov // Aktual'nye problemy v mashinostroenii. 2016. № 3. S. 100–105.
9. Rychkov D.A. Opredelenie perioda stojkosti rezhushchego instrumenta pri frezerovanii steklotekstolita // Potencial sovremennoj nauki. 2014. № 2. S. 48–52.
10. Kahwasha F., Shyhaa I., Maheri A. Modelling of cutting fibrous composite materials current practice. Procedia CIRP, 2015, no. 28, P. 52–57. DOI: 10.1016/j.procir.2015.04.010.
11. Schorník V., Dana M., Zetková I. The Influence of the Cutting Conditions on the Machined Surface Quality when the CFRP is Machine. Procedia Engineering, 2015. № 100. P. 1270–1276. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.493.
12. Usui S., Wadel J., Marusich T. Finite Element Modeling of Carbon Fiber Composite Orthogonal Cutting and Drilling. Procedia CIRP. 2014. Vol. 14. P. 211–216. DOI: 10.1016/j.procir.2014.03.081.

УДК 004.738.5:614.849

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЕДОМСТВЕННЫХ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ. ЧАСТЬ 2

**Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Обозначен круг пользователей по базовому составу, нацеленности на пользователей, тематике в порядке убывания качественной составляющей на примере ряда интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Схематично отображены процессы функционирования интернет-ресурсов. Предложена объединяющая модель функционирования интернет-ресурсов, базирующаяся на принципах распространения информационного потока.

Ключевые слова: интернет-ресурс, информационный ресурс, задачи интернет, классификация интернет, тематика интернет, пользователи интернет, отраслевой интернет

TO THE QUESTION OF SELECTION OF PRINCIPLES OF FUNCTIONING OF DEPARTMENTAL INTERNET RESOURCES. PART 2

T.A. Kuzmina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The circle of users is indicated by the basic composition, focus on users, topics in descending order of qualitative component on the example of a number of Internet resources of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia. The processes of Internet resources functioning are shown schematically. Proposed is a unifying model of Internet resources functioning based on the principles of information flow distribution.

Keywords: internet resource, information resource, internet tasks, internet classification, internet topics, internet users, industry internet

В статье «К вопросу выбора принципов функционирования ведомственных интернет-ресурсов. Часть 1» были предложены критерии классификации интернет-ресурсов с целью оптимизации оперативно-служебной деятельности МЧС России, проанализирована взаимосвязь между принципами информационного взаимодействия с пользователями и количеством решаемых задач интернет-ресурсов [1–3], предложено использовать понятие «критерий принадлежности круга пользователей» при классификации отраслевых интернет-ресурсов по тематике.

Рассмотрим обозначение круга пользователей по базовому составу, нацеленности на пользователей, тематике в порядке убывания качественной составляющей и, учитывая классификацию интернет-ресурсов по нацеленности на пользователей и по тематике, а также круг пользователей, схематично отобразим процессы функционирования на примере ряда интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (табл. 1).

Таблица 1. Ряд интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

№	Интернет-ресурсы	
	Название	Поддомен*
1	Официальный сайт университета	igps.ru
2	Государственная автошкола университета	auto.igps.ru
3	Диссертационные советы университета	dsovet.igps.ru
4	Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России»	vestnik.igps.ru
5	Научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности»	nd.igps.ru
6	Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (НИИ перспективных исследований и инновационных технологий в области БЖ)	nii.igps.ru
7	Орган по сертификации продукции в области пожарной безопасности «Пожтест – Санкт-Петербург» (ОС «Пожтест – Санкт-Петербург»)	pt.igps.ru
8	Исследовательский центр экспертизы пожаров	fire-expert.igps.ru
9	Информационно-обучающий портал для подготовки спасателей к действиям в условиях Арктической зоны (ИОП АРКТИКА)	arctica.igps.ru
10	Электронная информационная образовательная среда (ЭИОС) университета	edu.igps.ru

Примечание: * – информация по данным <https://www.nic.ru/whois/> на 16.12.2020 г. (WHOIS – сервис по получению регистрационных данных о владельцах доменных имён)

Обозначим круг пользователей ряда интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (табл. 1) по базовому составу, нацеленности на пользователей, тематике в порядке убывания качественной составляющей (табл. 2).

Таблица 2. Круг пользователей ряда интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по базовому составу, нацеленности на пользователей, тематике

№	Круг пользователей		
	по базовому составу	по нацеленности на пользователей	по тематике
1	абитуриенты, кадеты, курсанты, студенты, адъюнкты, сотрудники, работники университета, пр. ^{*1}	неограниченный	широкий
	Интернет-ресурс: <i>igps.ru</i> (официальный сайт университета)		
2	кадеты, курсанты, студенты, адъюнкты, сотрудники, работники университета	ограниченный	узкий
	Интернет-ресурс: <i>edu.igps.ru</i> (ЭИОС университета)		

¹ Прочие* это часть круга пользователей, отдельные составляющие которого описаны далее в табл. 2 в пп. № 3–7.

№	Круг пользователей		
	по базовому составу	по нацеленности на пользователей	по тематике
3	прочие* : сотрудники МЧС России (арктические спасательные центры)	неограниченный	узкий
		ограниченный	
Интернет-ресурс: <i>arctica.igps.ru</i> (ИОП АРКТИКА)			
4	прочие* : сотрудники МЧС России (судебно-экспертные учреждения ФПС)	неограниченный	узкий
		ограниченный	
Интернет-ресурс: <i>fire-expert.igps.ru</i> (Исследовательский центр экспертизы пожаров)			
5	прочие* : представители научного сообщества	неограниченный	узкий
		Интернет-ресурсы: <i>nii.igps.ru</i> (НИИ перспективных исследований и инновационных технологий в области БЖ) <i>vestnik.igps.ru</i> (Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России») <i>nd.igps.ru</i> (журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности») <i>dsomet.igps.ru</i> (Диссертационные советы университета)	
6	прочие* : заявители на подтверждение соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	неограниченный	узкий
		Интернет-ресурс: <i>pt.igps.ru</i> (ОС «Пожтест – Санкт-Петербург»)	
7	прочие* : граждане, желающие получить водительское удостоверение	неограниченный	узкий
		Интернет-ресурс: <i>auto.igps.ru</i> (Государственная автошкола университета)	

Учитывая классификацию ряда интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по нацеленности на пользователей и по тематике [4], а также круг пользователей (табл. 2), схематично отобразим процессы функционирования вышеозначенных интернет-ресурсов (рис. 1).

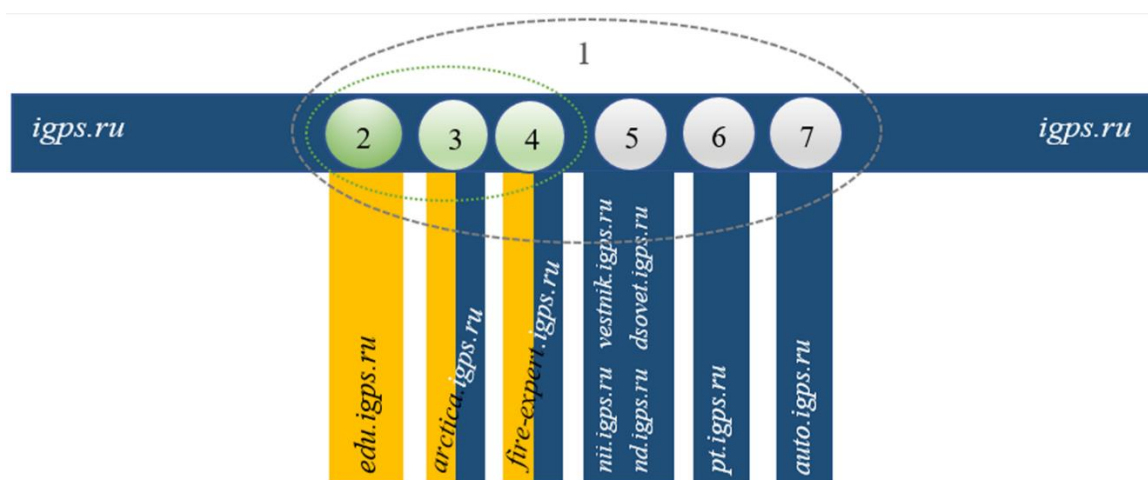


Рис. 1. Схема функционирования интернет-ресурсов, базирующаяся на принципах распространения информационного потока (на примере СПб университета ГПС МЧС России)

Цифрами 1, 2, 3, 4, 6, 7 на рис. 1 обозначены круги пользователей, указанные соответственно в пп. 1–7 табл. 2.

Отметим, что каждый круг пользователей перекрывается и горизонтальным, и вертикальным интернет-ресурсом.

Наглядность обозначения круга пользователей закрытых и частично открытых интернет-ресурсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России показывает, что каждый ограниченный узкий круг пользователей по базовому составу – это будущие и действующие сотрудники/работники МЧС России, при этом на один круг пользователей имеется соответственно по одному интернет-ресурсу, внутри каждого из которых при необходимости добавляются необходимые сервисы, а для доступа к информации пользователю нужно авторизоваться единожды, таким образом, пользователь переходит из одного сервиса интернет-ресурса в другой без повторной аутентификации. Ограниченный круг пользователей современных закрытых и частично открытых интернет-ресурсов предполагает разграничение прав доступа к закрытой части интернет-ресурса.

Подчеркнем, что закрытые ресурсы по сравнению с открытыми решают большее количество задач [4] и ориентированы на тех, кто задействован в оперативно-служебной деятельности.

Используя данные классификации ряда интернет-ресурсов по тематике, которые приведены в табл. 2, схему функционирования интернет-ресурсов, базирующуюся на принципах распространения информационного потока (рис. 1), смоделируем в первом приближении процессы функционирования интернет-ресурсов в совокупности с введенными дополнительными элементами в единое информационное пространство (рис. 2).

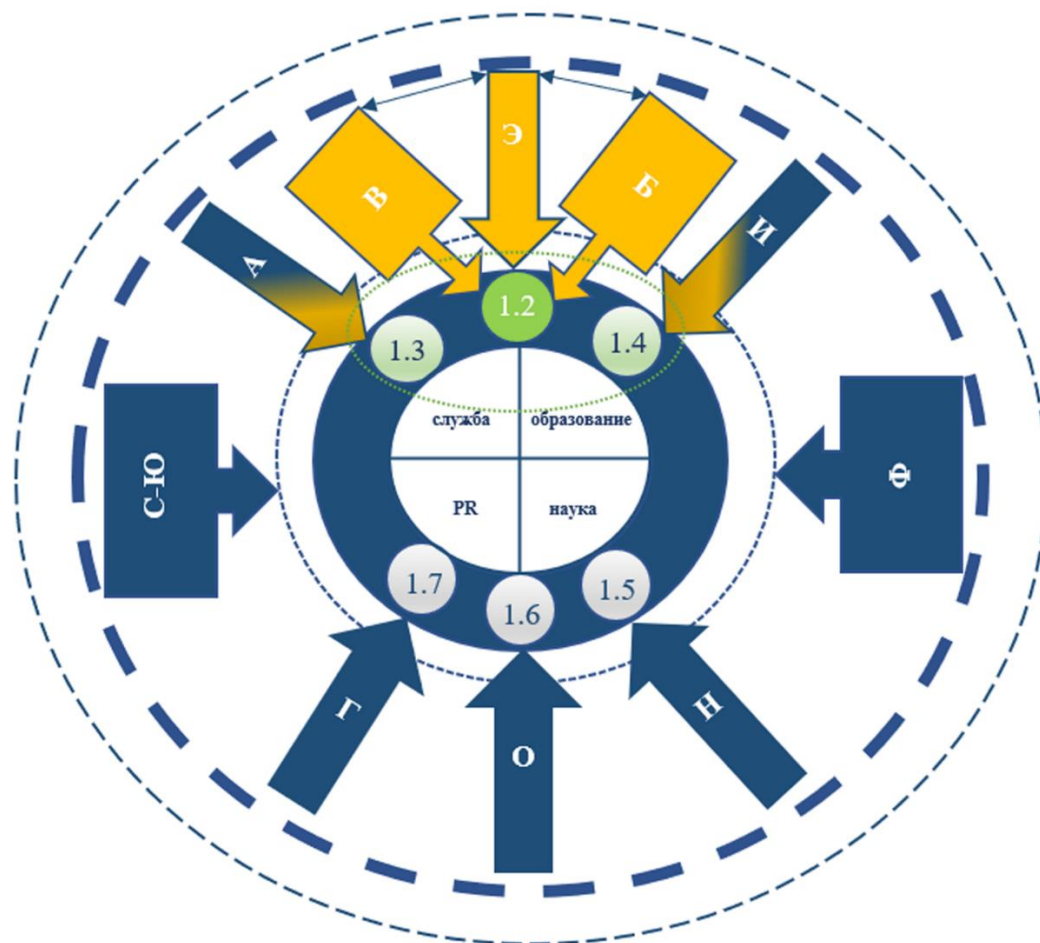


Рис. 2. Объединяющая модель функционирования интернет-ресурсов, базирующаяся на принципах распространения информационного потока (на примере Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России)

Модули «1.2», «1.3», «1.4», «1.5», «1.6», «1.7» это узкие круги пользователей, при этом модули «1.2», «1.3», «1.4» объединены как сотрудники/работники МЧС России. Цифра 1 обозначает широкий круг пользователей, указанный соответственно в п. 1 табл. 2. Цифры 2, 3, 4, 6, 7 уточняют узкие круги пользователей, указанные соответственно в пп. 2–7 табл. 2.

Усиление узких кругов пользователей:

- Усиление модуля «1.2»:
- Модуль «Э» (ЭИОС (п. 2 табл. 2));
- Модуль «Б» (Библиотека), используется поддомен elib.igps.ru (дата обращения к <http://elib.igps.ru> 17 декабря 2020 г.), переход на который в том числе может осуществляться из ЭИОС для доступа к электронной библиотеке университета;
- Модуль «В» (ВКС), используется клиентское приложение для проведения конференций с использованием сервера TrueConf системы видеоконференцсвязи по адресу сервера tc.igps.ru (дата обращения к <https://tc.igps.ru> 17 декабря 2020 г.)
- Усиление модуля «1.3»:
- Модуль «А» (ИОП АРКТИКА (п. 3 табл. 2) [5];
- Усиление модуля «1.4»:
- Модуль «И» (Исследовательский центр экспертизы пожаров (п. 4 табл. 2));
- Усиление модуля «1.5»:
- Модуль «Н» (Наука (п. 5 табл. 2));
- Усиление модуля «1.6»:
- Модуль «О» (ОС «Пожтест – Санкт-Петербург» (п. 6 табл. 2));
- Усиление модуля «1.7»:
- Модуль «Г» (Государственная автошкола (п. 7 табл. 2));
- Усиление широкого круга пользователей (п. 1 табл. 2):
- Модуль «Ф» (Филиалы), используется, официальный сайт Дальневосточной пожарно-спасательной академии – филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, расположенный на поддомене dv.igps.ru (дата обращения к <https://dv.igps.ru> 17 декабря 2020 г.);
- Модуль «С-Ю» (Соц. сети – YouTube), используется группа ВКонтакте «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России» (дата обращения к <https://vk.com/univermchs> 17 декабря 2020 г.), аккаунт Facebook «@univermchs» (дата обращения к [https://www.facebook.com/ Санкт-Петербургский-Университет-ГПС-МЧС-России-113777122064289](https://www.facebook.com/Санкт-Петербургский-Университет-ГПС-МЧС-России-113777122064289) 17 декабря 2020 г.), аккаунт Твиттер «@univerMCHS» (дата обращения к <https://twitter.com/univermchs> 17 декабря 2020 г.); YouTube-канал «UniverMCHS» (дата обращения к <https://www.youtube.com/channel/UChMr4i1HkBsoa2-hc9AU7Kw> 17 декабря 2020 г.).

Оптимизация оперативно-служебной деятельности через выбор принципов функционирования ведомственных интернет-ресурсов предполагает развитие, прежде всего, закрытых и частично открытых интернет-ресурсов, при этом в качестве одной из основных задач можно рассматривать задачу «Поиск результативности» [4].

Стоит отметить, что для корректной экстраполяции объединяющей модели функционирования интернет-ресурсов, базирующейся на принципах распространения информационного потока (на примере Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России), в перспективе должны отдельно рассматриваться различные категории дополнительных элементов как в качестве готовых решений, так и планирующиеся разработки [6, 7], которыми, в свою очередь, дополняется единое информационное пространство при моделировании процессов функционирования интернет-ресурсов.

Литература

1. Buinevich M.V., Izrailov K.E., Pokusov V.V., Sharapov S.V., Terekhin S.N. Generalized interaction model in the information system // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 119. № 17. P. 1381–1385.

2. Nielsen Jakob, Hoa Loranger. *Prioritizing Web Usability*. New Riders Press // Berkeley CA. 2006. 368 p.
3. Krug Steve. *Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability (3rd Edition)*. New Riders. 2014. 200 p.
4. Кузьмина Т.А. К вопросу выбора принципов функционирования ведомственных интернет-ресурсов. Часть 1 // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 112–119.
5. Кузьмина Т.А., Степанов И.М. Система дистанционного обучения для подготовки спасателей к действиям в условиях Арктической зоны // Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России. 2017. С. 61–63.
6. Кузьмина Т.А., Ильницкий С.В., Гайдукевич А.Е. Перспективы внедрения информационной системы для автоматизации выдачи СИЗОД в подразделениях ГПС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 8–14.
7. Кузьмина Т.А., Ильницкий С.В., Ефремов П.В. Перспективы цифровизации деятельности аэромобильных группировок МЧС России // Научно-аналитический журнал «Национальная безопасность и стратегическое планирование». 2019. № 3 (27). С. 91–95.

References

1. Buinevich M.V., Izrailov K.E., Pokusov V.V., Sharapov S.V., Terekhin S.N. Generalized interaction model in the information system // *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2018. Vol. 119. № 17. P. 1381–1385.
2. Nielsen Jakob, Hoa Loranger. *Prioritizing Web Usability*. New Riders Press // Berkeley CA. 2006. 368 p.
3. Krug Steve. *Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability (3rd Edition)*. New Riders. 2014. 200 p.
4. Kuz'mina T.A. K voprosu vybora principov funkcionirovaniya vedomstvennyh internet-resursov. Chast' 1 // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 112–119.
5. Kuz'mina T.A., Stepanov I.M. Sistema distancionnogo obucheniya dlya podgotovki spasatelej k dejstviyam v usloviyah Arkticheskoy zony // Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii. 2017. S. 61–63.
6. Kuz'mina T.A., Il'nickij S.V., Gajdukevich A.E. Perspektivy vnedreniya informacionnoj sistemy dlya avtomatizacii vydachi SIZOD v podrazdeleniyah GPS MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 8–14.
7. Kuz'mina T.A., Il'nickij S.V., Efremov P.V. Perspektivy cifrovizacii deyatelnosti aeromobil'nyh gruppirovok MCHS Rossii // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie». 2019. № 3 (27). S. 91–95.

УДК 004.622; 614.849

АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ МЧС РОССИИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Ю.С. Баринава;**В.Ф. Щетка, кандидат военных наук, профессор.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведен анализ системы поддержки принятия решений, достаточной для выработки и принятия последовательности эффективных управляющих решений, в том числе и по вопросам организации выдвижения сил и средств МЧС России к месту чрезвычайной ситуации на объектах нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, принятие решений, объекты нефтегазового комплекса

ANALYSIS OF THE SOLUTION OF MANAGEMENT PROBLEMS OF EMERCOM OF RUSSIA UNDER EMERGENCY SITUATIONS AT THE FACILITIES OF THE OIL AND GAS COMPLEX

Yu.S. Barinova; V.F. Shchetka.

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

An analysis of the decision support system was carried out, sufficient for the development and adoption of a sequence of effective management decisions, including on the organization of the advancement of the forces and means of the Russian Emergencies Ministry to the place of emergency at oil and gas facilities.

Keywords: emergency situations, decision making, oil and gas facilities

Согласно требованиям руководящих документов, наставлений и приказов силы и средства МЧС России всегда должны быть готовы к передвижению на значительные расстояния, в том числе в условиях заражений, вызванных химическими авариями, радиационными инцидентами и катастрофами, химического и биологического (бактериологического) заражения, разрушений мостов, дорог, переправ вследствие природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1].

Задачи планирования перемещения сил и средств МЧС России решаются должностными лицами органов управления МЧС России периодически в ходе реализации мероприятий оперативного реагирования, подготовки и проведения различных мероприятий по ликвидации ЧС и должны быть согласованы с задачами, которые решаются в автоматизированных системах управления (АСУ) МЧС России как при планировании мероприятий, так и в ходе оперативного реагирования. Данное взаимодействие основано на согласовании исходных и выходных данных.

Основным способом перемещения является марш [2]. Под маршем понимается организованное перемещение сил и средств по дорогам в целях своевременного выхода в назначенный район (район ЧС) в полной готовности к проведению работ по ликвидации ЧС.

В качестве исходных данных при решении задач управления выдвиганием используются: распределение сил и средств, маршруты перемещения и средняя скорость движения, исходный пункт и пункты регулирования (при наличии), время начала и окончания перемещения (марша).

Непосредственное планирование выдвигания предполагает учет (рис. 1):

– сведений о перемещаемых формированиях МЧС России (уровень укомплектованности, степень подготовки личного состава);

– сведений о зонах заражения, районах разрушений, пожаров, затоплений;

– тактико-технических характеристик средств передвижения формирований, которые обеспечивают расчет показателей движения по различным участкам местности. В качестве таких показателей могут выступать: средняя скорость перемещения, предполагаемый расход топлива, крутизна максимально преодолеваемого подъема, глубина преодолеваемого брода, весовые характеристики, масса средств передвижения и т.д.;

– характеристики зоны ЧС и всей местности, по которой предполагается выдвигание.

Данные характеристики получают должностными лицами в результате анализа местности по картам местности. К их числу относятся, в частности: сложность и разветвленность участков движения колонн формирований МЧС России; характеристика состояния дорог (дорожного полотна); извилистость дорог, наличие и величина уклонов подъемов и спусков, близость к потенциально опасным объектам, опасным производственным объектам, критически важным объектам; наличие на маршруте перемещения мостов, плотин, туннелей, участков дорог, которые подвержены обвалам, снежным заносам, затоплению и т.д.;

– характеристика метеорологических и сезонных условий в соответствующей местности на момент перемещения формирований МЧС России и др.

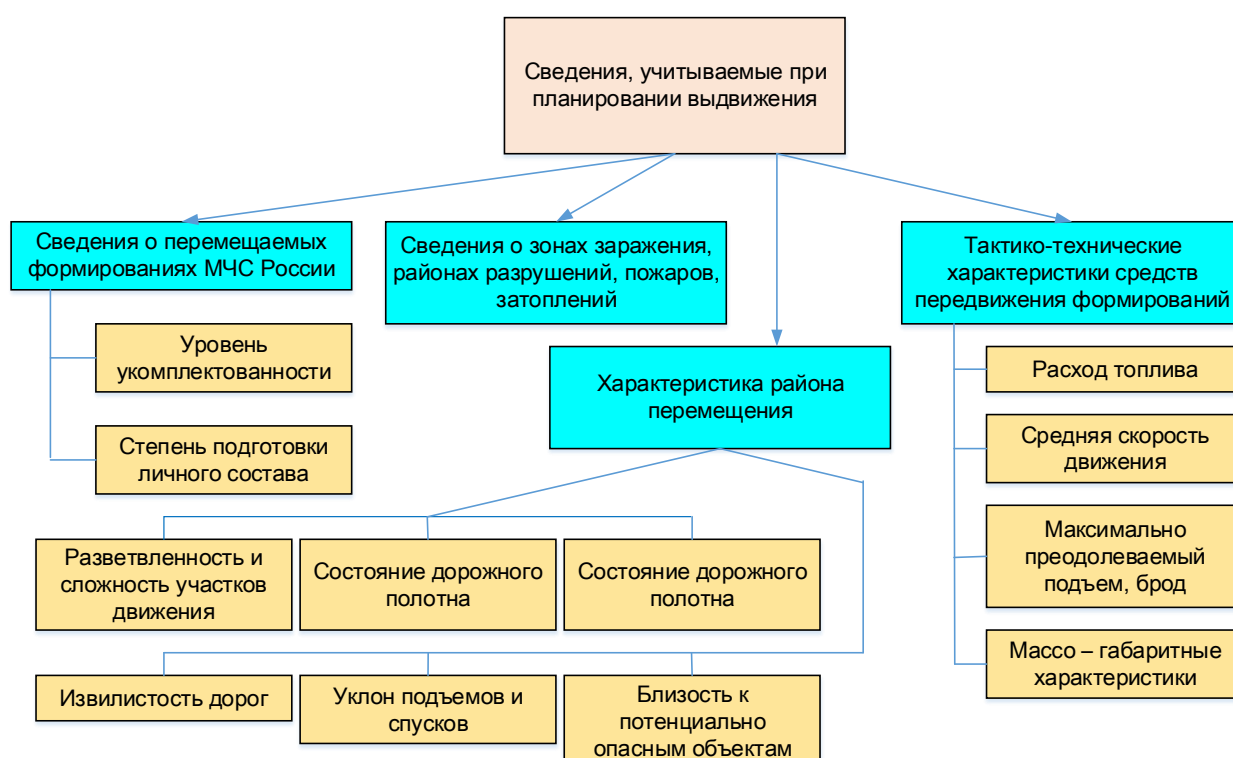


Рис. 1. Сведения, которые необходимо учитывать при планировании выдвигания сил и средств МЧС России в район ЧС

Анализ работы органов управления по решению задач управления выдвижением сил и средств МЧС России при возникновении ЧС на объектах нефтегазового комплекса показывает, что в этот период решается множество задач, но самой трудоемкой является задача, позволяющая определить возможные и допустимые маршруты перемещения колонн и выбрать из них оптимальный. При решении данной задачи необходимо учесть множество факторов, влияющих на скорость передвижения. Это физико-географические свойства местности, метеорологическая ситуация, образовавшаяся на текущий момент времени, условия, соответствующие времени года и времени суток, обстановка в районах, прилегающих к зоне ЧС, а также состав колонн и обученность личного состава формирований МЧС России к совершению марша и т.п.

При планировании перемещения формирований МЧС России «ручным» способом, без применения средств современных информационных технологий, вся работа по поиску маршрутов перемещения (в том числе выбор оптимального маршрута) соответствующими должностными лицами, находящимися на пунктах управления МЧС России, производится с помощью традиционных топографических карт [3].

В ходе этой работы должностные лица органов управления первоначально должны осуществить изучение общего характера местности, а затем перейти к детальному исследованию топографических элементов, нанесенных на карты, и их свойств.

К основному свойству местности относят ее проходимость. Поэтому условия проходимости оказывают основное влияние на планирование передвижения транспортных средств.

Анализ условий проходимости, прежде всего, проводится с учетом тех задач, которые должны выполнять формирования МЧС России, а также тактико-технических данных техники и состояния погоды соответствующего времени года.

В качестве элементов местности, подлежащих анализу, рассматриваются: состояние дорожной сети и рельеф местности, наличие гидротехнических сооружений и объектов, виды растительности, виды и состояние грунтов, по которым возможно движение вне дорог.

Качество решений в этом случае зависит не столько от качества исходного картографического материала, сколько от опыта должностных лиц, планирующих выдвижение сил и средств МЧС России.

В общем случае решение задачи планирования перемещения предполагает решение следующих задач:

- задача поиска возможных маршрутов (рациональный маршрут);
- задача поиска оптимального маршрута;
- задача нахождения средней скорости перемещения и скорости перемещения на разных участках;
- задача нахождения времени движения колонны при движении по соответствующим участкам маршрута, предполагая учет возможных условий перемещения;
- задача расчета необходимого количества горюче-смазочных материалов.

Таким образом, перед должностными лицами органов управления, принимающими решение, возникает проблема оперативного получения достоверной информации о свойствах картографических элементов местности, которые будут оказывать влияние на скорость передвижения. Как уже было отмечено выше, к ним относятся различные условия, характеризующие местность (метеорологические, сезонные, физико-географические, временные), и условия ЧС для принятия эффективных решений при планировании перемещения формирований МЧС России.

В связи с этим проблема оперативного получения и использования информации о свойствах элементов местности приобретает исключительную актуальность.

В условиях ЧС быстро изменяется обстановка, что приводит к сокращению времени, отводимого на анализ исходных данных и принятие решения на перемещение.

Очевидно, что решение задачи с применением традиционных средств (топографических карт) не является эффективным и не удовлетворяет современные требования. Поэтому в системах управления специального назначения используются различные системы поддержки принятия решений (СППР), которые позволяют повысить эффективность деятельности должностных лиц. Данные СППР включают в свой состав элементы геоинформационных систем (ГИС), в основе которых лежат цифровые карты местности [4].

В современных системах поддержки принятия решений с помощью ГИС осуществляется прогнозирование ЧС (чаще всего на основе анализа космических снимков) и пожаров. К виду ЧС относят, в том числе землетрясения, ураганы, наводнения.

Элементом прогнозирования является аналитическая деятельность и процесс по расчету рисков (степени потенциальной опасности). На основе этого вырабатываются решения по предупреждению ЧС, ликвидации их последствий.

При выработке вариантов решений проводится оценка количества и качества сил и средств, которые необходимо задействовать для ликвидации ЧС, оценивается возможность ущерба от ЧС и его возможные последствия. Важнейшим элементом является выработка рациональных решений и выбор оптимального маршрута к месту ЧС.

В документе [5] определены понятия ГИС и геоинформационных технологий (ГИТ).

Под ГИС понимается система, которая оперирует пространственными данными. Работа ГИС основана на ГИТ, под которыми понимается совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющая реализовать функциональные возможности ГИС [6].

Важное значение при этом имеет модель пространственных данных, определяемая как набор пространственных объектов и межобъектных связей, сформированных с учетом общих для этих объектов правил цифрового описания.

Электронные топографические карты, которые используются в СППР [6], предоставляют должностным лицам органов управления МЧС России возможность решать задачи, представленные на рис. 2.

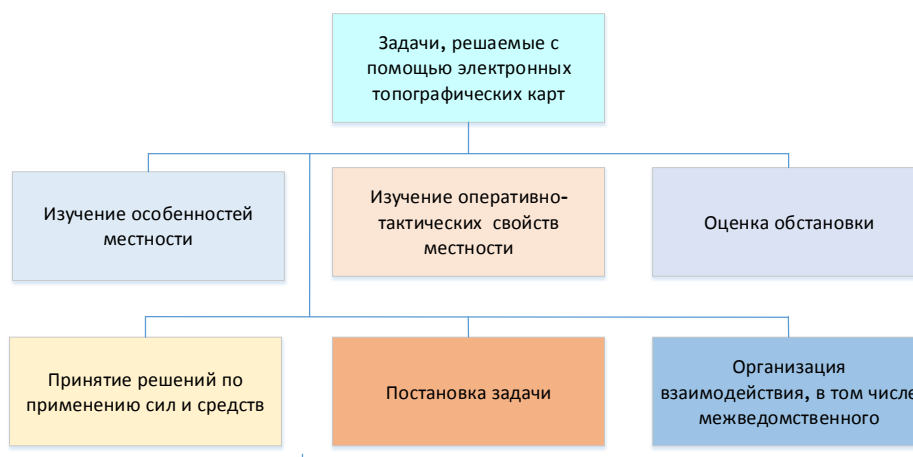


Рис. 2. Задачи, решаемые с помощью электронных топографических карт

Общая схема информационного процесса преобразования цифровой картографической информации представлена на рис. 3.

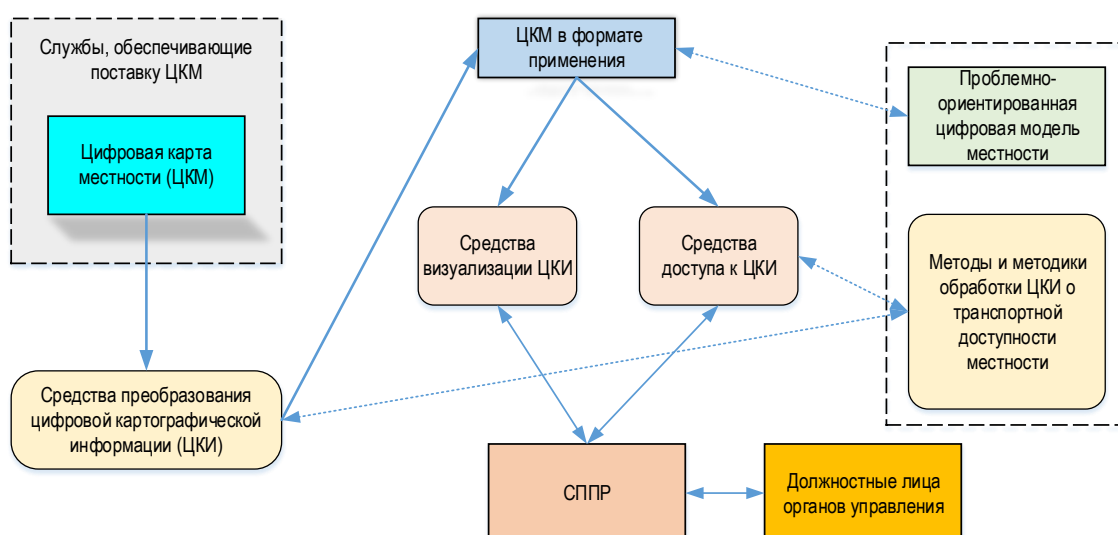


Рис. 3. Информационный процесс преобразования цифровой картографической информации

Представляют интерес информационные процессы преобразования информации в ГИС. В рамках данных процессов можно выделить несколько этапов:

- 1) этап сбора, подготовки и ввода данных (реализуется органами подготовки топографических данных);
- 2) этап обработки, моделирования и анализа данных (реализуется средствами СППР);
- 3) этап контроля и визуализации (возлагается на САПР);
- 4) этап хранения, обновления и управления данными (реализуется средствами САПР и комплексами административных задач ГИС);
- 5) этап документирования.

Проведенный анализ показывает, что основные функции по анализу и преобразованию цифровой картографической информации возлагаются на СППР [3, 4, 7, 8]. В данном контексте под СППР будем понимать автоматизированную информационно-расчетную систему, в которой основным предназначением является формирование информации, которая будет достаточной для выработки и принятия последовательности эффективных управляющих решений, в том числе и по вопросам организации выдвижения сил и средств МЧС России к месту ЧС на объектах нефтегазового комплекса.

Качество как совокупность свойств такой системы в определяющей мере зависит от качества цифровой картографической информации и того, насколько качественной является обрабатываемая информация в целом. Следовательно, значительную роль играет совокупность характеристик свойств данных ЦКИ, обеспечивающих их пригодность для решения задач управления выдвижением сил и средств МЧС России при возникновении ЧС на объектах нефтегазового комплекса.

Литература

1. О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 8 нояб. 2013 г. № 1007. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Гражданская защита: Энциклопедия: в 4-х т. Т. II (К – О). 3-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. В.А. Пучкова. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 624 с.
3. Щетка В.Ф., Барина Ю.С. Метод выбора маршрута перемещения поисково-спасательных формирований // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019:

материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2019. С. 149–153.

4. Олейников В.Т., Марков А.Г. Проблемы разработки и использования геоинформационных систем в подразделениях МЧС России // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 8.

5. ГОСТ Р 52438–2005. Географические информационные системы. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2018.

6. ГОСТ 52293–2004. Карты электронные топографические. Общие требования. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005.

7. Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю., Фархатдинов Р.А. Построение ГИС-модели при планировании аварийно-спасательных работ // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 48–51.

8. Щетка В.Ф., Сапелкин А.И. Применение ГИС-технологий и космических систем мониторинга при авариях на объектах нефтегазовой отрасли // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. 2019. С. 305–306.

References

1. O silah i sredstvah edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 8 noyab. 2013 g. № 1007. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

2. Grazhdanskaya zashchita: Enciklopediya: v 4-h t. T. II (K – O). 3-e izd., pererab. i dop. / pod obshch. red. V.A. Puchkova. M.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2015. 624 s.

3. Shchetka V.F., Barinova Yu.S. Metod vybora marshruta peremeshcheniya poiskovo-spasatel'nyh formirovanij // Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2019: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN, 2019. S. 149–153.

4. Olejnikov V.T., Markov A.G. Problemy razrabotki i ispol'zovaniya geoinformacionnyh sistem v podrazdeleniyah MCHS Rossii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2014. № 8.

5. GOST R 52438–2005. Geograficheskie informacionnye sistemy. Terminy i opredeleniya. M.: Standartinform, 2018.

6. GOST 52293–2004. Karty elektronnye topograficheskie. Obshchie trebovaniya. M.: IPK Izd-vo standartov, 2005.

7. Gorbunov A.A., Ponomorchuk A.Yu., Farhatdinov R.A. Postroenie GIS-modeli pri planirovanii avarijno-spasatel'nyh rabot // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 48–51.

8. Shchetka V.F., Sapelkin A.I. Primenenie GIS-tekhnologij i kosmicheskikh sistem monitoringa pri avariayah na ob"ektah neftegazovoj otrasli // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Sovremennye metody i tekhnologii preduprezhdeniya i profilaktiki vznikoveniya chrezvychajnyh situacij: materialy XI Vseros. nauch.-prakt. konf. 2019. S. 305–306.

УДК 614; 519.8

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОЖАРНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ВОЕННОГО КОНФЛИКТА

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**

Разработан научно-методический подход оценки возможностей пожарной части города по тушению пожаров в условиях военного конфликта.

Ключевые слова: пожарная часть, здание, воздействие обычных средств поражения, устойчивость

METHODOLOGY FOR ASSESSING FIRE SAFETY CAPABILITIES PARTS OF THE CITY TO EXTINGUISH FIRES IN A MILITARY CONFLICT

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 engineering A.A. Blagonravova Russian academy of sciences

The scientific and methodical approach of an assessment of possibilities of a fire-fighting part of the city on suppression of fires in the conditions of the military conflict is developed.

Keywords: fire service, building, impact of conventional weapons, stability

Предлагаемый научно-методический подход оценки возможностей пожарной части города по тушению пожаров в военное время является основой поддержки принятия решений руководителей при планировании и реализации ими мероприятий по повышению защищенности пожарной техники и личного состава и по обеспечению реализации стоящих перед пожарной частью задач.

При этом сложилось противоречие между необходимостью обеспечить тушение пожара в городе в условиях военного конфликта и отсутствием научно-методического подхода оценки возможностей пожарной части по тушению пожара после воздействия обычных средств поражения. В основу определения возможностей пожарной части по тушению пожара в условиях военного конфликта положена оценка устойчивости её зданий и техники к воздействию обычных средств поражения.

Для определения возможностей пожарной части по тушению пожаров после воздействия обычных средств поражения необходимо выполнить расчеты для средней части и крайних участков её здания.

Для средней части здания необходимо определить [1–3]:

– избыточное давление во фронте воздушной ударной волны (ВУВ):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{1,06}{R} + \frac{4,3}{R^2} + \frac{14}{R^3}, \text{ кгс/см}^2,$$

где \bar{R} – приведенное расстояние взрыва взрывчатого вещества,

$$\bar{R} = \frac{R}{1,12\sqrt[3]{C_{эф}}}, \text{ м/кг}^{1/3},$$

где R – расстояние от эпицентра взрыва до здания; $C_{эф}$ – масса взрывчатого вещества:

$$C_{эф} = C \cdot K_{эф}, \text{ кг}, \quad (1)$$

где $K_{эф}$ – коэффициент эффективности взрывчатого вещества; C – вес заряда взрывчатого вещества в боеприпасе;

– эквивалентное избыточное давление во фронте ВУВ ядерного взрыва (ЯВ):

$$\Delta P_{ф.ЯВ} = \frac{\Delta P_{ф}}{1,6}, \text{ кгс/см}^2,$$

где $\Delta P_{ф}$ – избыточное давление во фронте воздействующей ВУВ;

– обобщенный показатель устойчивости здания пожарной части:

$$\xi_{зд} = 1,25 \frac{\Delta P_{ф.ЯВ}}{\Delta P_{ф.зд}^*},$$

где $\Delta P_{ф.ЯВ}$ – избыточное давление во фронте ВУВ ЯВ; $\Delta P_{ф.зд}^*$ – избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее получение зданием такой степени разрушения, при котором оно не может функционировать по назначению [1, 3];

– обобщенный показатель устойчивости пожарных машин по формуле:

$$\xi_{ТО} = 1,25 \frac{\Delta P_{ф.ЯВ}}{\Delta P_{ф.ТО}^*} K_1 K_2,$$

где $\Delta P_{ф.ТО}^*$ – избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее выход из строя пожарных машин, принимают как избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее их сильные повреждения; K_1 – коэффициент, характеризующий воздействие на пожарные машины обломков здания при его разрушении:

$$K_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } \xi_{зд} < 0,5; \\ 1,15, & \text{если } \xi_{зд} = 0,5 \div 1,25; \\ K_T, & \text{если } \xi_{зд} > 1,25; \end{cases}$$

где K_T – максимальное значение K_1 , зависящее от вида и конструкции здания;

K_2 – коэффициент, учитывающий изменение параметров ВУВ при затекании ее в здание;

– вероятность выхода из строя здания:

$$P_{вых.зд} = P_{сил} + P_{пол};$$

где $P_{пол}$, $P_{сил}$ – соответственно, вероятности получения полной и сильной степени разрушения зданий;

– вероятность выхода из строя пожарных машин:

$$P_{\text{вых.ТО}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}}.$$

После этого проверяется необходимость расчета для крайних участков здания по формуле:

$$l_{\text{зд}} \leq 0,8R, \text{ м,}$$

где $l_{\text{зд}}$ – длина здания со стороны воздействия ударной волны; R – расстояние от эпицентра взрыва до здания.

Для крайних участков здания определяются [1–3]:

– избыточное давление во фронте ВУВ:

$$\Delta P_{\text{ф1}} = \frac{1,06}{\bar{R}} + \frac{4,3}{\bar{R}^2} + \frac{14}{\bar{R}^3}, \text{ кгс/см}^2,$$

где \bar{R} – приведенное расстояние взрыва взрывчатого вещества:

$$\bar{R} = \frac{R_1}{1,12\sqrt[3]{C_{\text{эф}}}}, \text{ м/кг}^{1/3},$$

где $C_{\text{эф}}$ – масса взрывчатого вещества, кг, приведенная к эффективности взрыва тротила, определяется по формуле (1); R_1 – расстояние от эпицентра взрыва до здания, м:

$$R_1 = \sqrt{R^2 + \left[0,4R + \frac{1}{2}(l_{\text{зд}} - 0,8R)\right]^2},$$

где $l_{\text{зд}}$ – длина здания со стороны воздействия ударной волны;

– эквивалентное избыточное давление во фронте ВУВ ЯВ:

$$\Delta P_{\text{ф.ЯВ1}} = \frac{\Delta P_{\text{ф1}}}{1,6}, \text{ кгс/см}^2,$$

где $\Delta P_{\text{ф1}}$ – избыточное давление во фронте воздействующей ВУВ;

– обобщенный показатель устойчивости здания пожарной части:

$$\xi_{\text{зд1}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\text{ф.ЯВ1}}}{\Delta P_{\text{ф.зд}}^*},$$

где $\Delta P_{\text{ф.ЯВ1}}$ – эквивалентное избыточное давление во фронте ВУВ ЯВ; $\Delta P_{\text{ф.зд}}^*$ – избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее получение зданием такой степени разрушения, при котором оно не может функционировать;

– обобщенный показатель устойчивости пожарных машин по формуле:

$$\xi_{\text{ТО1}} = 1,25 \frac{\Delta P_{\text{ф.ЯВ1}}}{\Delta P_{\text{ф.ТО}}^*} K_1 K_2,$$

где $\Delta P_{ф.ТО}^*$ – избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее выход из строя пожарных машин, принимают как избыточное давление, вызывающее их сильные повреждения; K_1 – коэффициент, характеризующий воздействие на пожарные машины обломков здания при его разрушении; K_2 – коэффициент, учитывающий изменение параметров ВУВ при затекании в здание;

– вероятность выхода из строя крайних участков здания:

$$P_{\text{вых.зд1}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}},$$

где $P_{\text{пол}}$, $P_{\text{сил}}$ – соответственно, вероятности получения полной и сильной степени разрушения зданий;

– вероятность выхода из строя пожарных машин на крайних участках здания по формуле:

$$P_{\text{вых.ТО1}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{пол}};$$

– вероятность выхода из строя всего здания – пропорционально длинам среднего и крайних участков здания по формуле:

$$P_{\text{вых.зд}}^* = \frac{0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P_{\text{вых.зд}} + \frac{l_{\text{зд}} - 0,8R}{l_{\text{зд}}} P'_{\text{вых.зд}},$$

где $P'_{\text{вых.зд}}$ – средняя арифметическая вероятность выхода из строя здания:

$$P'_{\text{вых.зд}} = \frac{P_{\text{вых.зд}} + P_{\text{вых.зд1}}}{2};$$

– вероятность выхода из строя пожарных машин по формуле:

$$P_{\text{вых.ТО}}^* = \frac{0,8R}{l_{\text{зд}}} \cdot P_{\text{вых.ТО}} + \frac{l_{\text{зд}} - 0,8R}{l_{\text{зд}}} P'_{\text{вых.ТО}},$$

где $P'_{\text{вых.ТО}}$ – средняя арифметическая вероятность выхода из строя пожарных машин:

$$P'_{\text{вых.ТО}} = \frac{P_{\text{вых.ТО}} + P_{\text{вых.ТО1}}}{2}.$$

Возможности пожарной части определяются по формуле:

$$Q_{ц} = q_{\text{пер}} q_{\text{ТО}},$$

где $q_{\text{ТО}}$ – вероятность непоражения пожарной техники:

$$q_{\text{ТО}} = 1 - P_{\text{вых.ТО}}^*,$$

где $q_{\text{пер}}$ – вероятность непоражения людей:

$$q_{\text{пер}} = 1 - (P_{\text{пол}} + 0,6P_{\text{сил}} + 0,15P_{\text{ср}}),$$

где $P_{\text{пол}}$, $P_{\text{сил}}$, $P_{\text{ср}}$ – соответственно, вероятности получения полной, сильной и средней степени разрушения зданий.

Результаты расчета позволяют в дополнение к существующим мероприятиям по обеспечению устойчивости функционирования пожарной части в условиях чрезвычайных ситуаций обосновать предложения по повышению стойкости её зданий и по повышению защищенности пожарной техники от воздействия обычных средств поражения, по составу пожарной техники для тушения пожаров, реализация которых обеспечит выполнение пожарной частью стоящих перед ней задач [4–7]. Теоретическое значение результатов заключается в разработке научно-методического подхода обоснования предложений по повышению защищенности пожарной части в условиях военного конфликта.

Практическая ценность научных результатов состоит в разработке научно-методического аппарата поддержки принятия решений должностных лиц при обосновании ими предложений по повышению защищенности зданий и личного состава пожарной части города, а также по обеспечению выполнения пожарной частью своих задач в условиях военного конфликта.

Литература

1. Седнев В.А. Управление безопасностью экономики и территорий: учеб. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2019. 299 с.
2. Котляревский В.А., Ларионов В.И., Суцев С.П. Энциклопедия безопасности: строительство, промышленность, экология: в 3 т. Т. 2: Законы поражения. Прочность и динамика сооружений. М.: Изд-во АСВ, 2008. 640 с.
3. Седнев В.А. Основы прогнозирования состояния промышленного объекта при воздействии средств поражения // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2017. Вып. 3 (73). 10 с.
4. Буйневич М.В., Пелех М.Т., Ахунова Д.Г. Развитие пожарной охраны мегаполиса с использованием технологии имитационного моделирования // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 150–156.
5. Исследование операций: учеб. / Л.А. Егоров [и др.]; под ред. Б.Н. Юркова. М.: Военно-инженерная академия, 1990. 529 с.
6. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 256 с.
7. Седнев В.А., Седнев А.В. Оценка эффективности применения программно-аппаратных платформ // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 6. С. 46–52.

References

1. Sednev V.A. Upravlenie bezopasnost'yu ekonomiki i territorij: ucheb. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2019. 299 s.
2. Kotlyarevskij V.A., Larionov V.I., Sushchev S.P. Enciklopediya bezopasnosti: stroitel'stvo, promyshlennost', ekologiya: v 3 t. T. 2: Zakony porazheniya. Prochnost' i dinamika sooruzhenij. M.: Izd-vo ASV, 2008. 640 s.
3. Sednev V.A. Osnovy prognozirovaniya sostoyaniya promyshlennogo ob'ekta pri vozdeystvii sredstv porazheniya // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. 2017. Vyp. 3 (73). 10 s.
4. Bujnevich M.V., Pelekh M.T., Ahunova D.G. Razvitie pozharnej ohrany megapolisa s ispol'zovaniem tekhnologii imitacionnogo modelirovaniya // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 3. S. 150–156.
5. Issledovanie operacij: ucheb. / L.A. Egorov [i dr.]; pod red. B.N. YUrkoval. M.: Voennoinzhenernaya akademiya, 1990. 529 s.
6. Chuev Yu.V. Issledovanie operacij v voennom dele. M.: Voenizdat, 1970. 256 s.
7. 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 25 декабря 2020 г.; принят к публикации 27 января 2021 г.

УДК 614.841.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В СУДЕБНОЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

А.А. Тумановский, кандидат технических наук;

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;

П.М. Агеев, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены принципы использования баз данных в расследовании пожаров. Обоснован выбор систем управления базами данных и систем управления содержимым для разработки баз данных, используемых в экспертной деятельности. Приведены примеры баз данных, разработанных в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России. Описана структура баз данных и интерфейс их работы. Показана необходимость использования баз данных и информационных ресурсов при расследовании пожаров, так как их применение позволяет упростить и ускорить поиск информации, снизить сроки и повысить качество подготавливаемых экспертных заключений.

Ключевые слова: базы данных, компьютерные технологии, информационные технологии, экспертиза пожаров, судебная пожарно-техническая экспертиза, программное обеспечение

USE OF DATABASES IN FORENSIC FIRE AND TECHNICAL EXPERTISE

A.A. Tumanovsky; T.P. Sysoeva; P.M. Ageev.

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

The principles of using databases in fire investigation are considered. The choice of database management systems and content management systems to develop databases of expertise, examples of databases developed in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia. The structure of databases and their interface are described. The necessity of using databases and information resources in the investigation of fires is shown, since its use makes it possible to simplify and speed up the search for information, which will reduce the time and improve the quality of expert opinions prepared.

Keywords: data bases, computer technologies, information technologies, fire expertise, forensic fire technical expertise, software

Производство судебных пожарно-технических экспертиз (СПТЭ) имеет свои особенности по сравнению с другими видами судебных экспертиз. Эксперт должен владеть знаниями в разных научных областях – физики, химии, техники и др. Процесс поиска справочных данных осложнен тем, что существующие справочные системы не всегда удовлетворяют потребности эксперта с учетом специфики его деятельности. Вследствие этого перспективным направлением является широкое использование информационных технологий – баз данных (БД) и информационных ресурсов. Компьютерная техника позволяет упростить и ускорить поиск информации, что сокращает сроки и повышает качество подготавливаемых экспертных заключений.

В настоящее время необходимым условием применения информационного обеспечения в СПТЭ является его соответствие современным требованиям, в том числе в области сетевых технологий.

В последнее время разработчиками программного обеспечения выпущено большое количество систем управления базами данных (СУБД), которые дают возможность как спроектировать структуру БД, так и реализовать их хранение. Кроме того, СУБД предоставляют гибкие средства разработки пользовательского интерфейса БД. Как правило, СУБД включают в себя непосредственно БД и системы управления ими. БД – это совокупность взаимосвязанных данных, представленных таблицами [1].

Практически все СУБД для управления данными используют язык SQL (Structured Query Language – язык структурированных запросов). Операторы языка SQL можно классифицировать на четыре группы: операторы определения данных (Data Definition Language); операторы манипуляции данными (Data Manipulation Language) – выбор, добавление, редактирование и удаление данных; операторы контроля доступа к данным (Data Control Language); операторы управления транзакциями (Data Transaction Language).

Наиболее распространенными СУБД являются: Microsoft SQL, Microsoft SQL Server, MySQL, Microsoft Access, Microsoft Jet, Firebird, Visual Fox Pro, Oracle Database и др. Наиболее распространенными типами БД являются реляционные БД (табличного типа), сетевые и иерархические.

В данной статье рассматривается применение БД в СПТЭ на примере двух основных баз, используемых в работе Исследовательского центра экспертизы пожаров (ИЦЭП).

Одной из первых работ в направлении создания справочной системы для пожарно-технических экспертов стал информационный комплекс «Экспотех» [2], разработанный в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России и Санкт-Петербургском филиале Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС России. Длительное время справочная система развивалась и обновлялась, использование ее проводилось в экспертной деятельности судебно-экспертных учреждений (СЭУ) ФПС МЧС России. Первые версии комплекса были разработаны с использованием БД Microsoft Access. Затем он был переработан в виде локального ресурса с использованием веб-технологии. Впоследствии он был перенесен в интернет и сейчас составляет часть системы информационного сопровождения СЭУ ФПС МЧС России, функционирующей на основе сайта ИЦЭП.

По своей структуре информационный комплекс содержит несколько основных блоков. Первой и основной его частью является информационный блок, который содержит специальный справочный фонд, содержащий основную техническую информацию, необходимую эксперту. Фонд содержит разделы: «Причины пожара», «Динамика пожара», «Объекты пожара» и «Последствия пожара. Экспертные исследования». Также в системе содержится нормативный блок, содержащий документы технического и правового характера и фонд рефератов. С точки зрения теории БД, он использует элементы сетевой и иерархической БД, фонд рефератов содержится в виде реляционной БД.

Вторым блоком комплекса является блок инженерных расчетов, содержащий программные средства для проведения пожарно-технических, физико-химических, теплофизических и прочих инженерных расчетов. Блок содержит элементы иерархической БД.

Третьим блоком комплекса «Экспотех» является БД для работы с материалами дела «Анамат». Пользователь может заносить в базу необходимые фрагменты дела, а впоследствии осуществлять поиск необходимых фрагментов, отмеченных определенными тегами и аккумулировать их для подготовки заключения. Блок работает на основе реляционной БД.

С учетом внутреннего устройства информационного комплекса, сочетающего элементы иерархической и реляционной БД, пользователь имеет два основных способа поиска по нему.

Первым способом является поиск информации с использованием содержащихся в комплексе иерархии объектов. Перемещаясь по иерархическому дереву рубрикатора,

пользователь поможет найти необходимую информацию. Рубрикатор – оглавление комплекса, который отражает его структуру и разветвление его разделов.

Вторым способом является прямой поиск необходимой информации с использованием обычного синтаксиса поиска, учитывая логические операторы «и» и «или».

Блок «Фонд рефератов статей» является реляционной базой Microsoft Access. В нем содержатся рефераты, относящиеся к СПТЭ, собранные за последние десятилетия. Источниками для него являются реферативные журналы «Пожарная охрана» и др. Возможен поиск по фонду рефератов с использованием ключевых слов, а также сортировка информации по разделам и типам информации.

Блок инженерных расчетов подготовлен на основе работы С.И. Зернова [3]. В соответствии с указанным источником разработаны программные средства, которые запускаются непосредственно из оболочки комплекса, что позволяет легко находить в пособии необходимую при проведении расчетов информацию. Доступны такие теплофизические расчеты, как стационарный нагрев стенки, стержня, нестационарный нагрев, конвективный и лучистый теплообмен. Из физико-химических расчетов представлены расчеты критических параметров горения и взрыва легковоспламеняющейся и горючей жидкостей, расчеты давления взрыва, концентраций и температур горения и взрыва. Кроме того, доступны электротехнические расчеты, расчеты динамики задымления помещений, эвакуации и расчеты, необходимые при проведении инструментального исследования вещественных доказательств. Программа позволяет рассчитывать электросопротивление углей, параметры медных проводников и обугленных остатков полимеров, летучих веществ, содержащихся в углях, и остатков лакокрасочных покрытий, производить расчеты, необходимые при инструментальном исследовании окалины, лакокрасочных покрытий, неорганических строительных материалов.

Также в информационный комплекс включена программа NIFEX, разработанная в ВНИИПО МЧС России, которая является аналогом справочника [4] и позволяет легко находить необходимые физико-химические свойства веществ и материалов. Программа разработана как реляционная БД.

Разработанный информационный комплекс, устанавливаемый с компакт-диска объемом около 400 Мбайт, содержит около 2 000 документов, 16 программ и три БД. Информационный комплекс для пожарно-технических экспертов позволяет быстро находить информацию, необходимую при проведении СПТЭ и подготовке заключений. Комплекс используется в ИЦЭП и в ряде судебно-экспертных учреждений ФПС при проведении пожарно-технических экспертиз.

В ИЦЭП разработаны БД по объектам металлографических исследований и по пожарам, представляющим научный интерес [5]. Для хранения карточек по пожарам созданы БД, которые позволяют систематизировать накопленную информацию, осуществлять по ней поиск и проводить ее анализ в экспертных целях.

Важной задачей являлось определение требований к системам управления БД и системам управления содержимым, которые предпочтительно использовать при создании БД.

Для хранения карточек по пожарам и объектам целесообразно создание БД, которая бы позволила систематизировать накопленную информацию, осуществлять по ней поиск и проводить ее анализ в экспертных целях. Также необходимо создание электронной оболочки для БД, которая может применяться для ее хранения, ввода, просмотра и поиска объектов для решения задач пожарно-технической экспертизы.

Для выполнения поставленных задач необходима СУБД с локальной степенью распределённости и клиент-серверным способом доступа. Это означает, что БД физически находится на одном сервере, к которому эксперты СЭУ ФПС ИПЛ с различных компьютеров осуществляют доступ по сети Интернет. При этом эксперты имеют право доступа на поиск необходимой информации и создание новых карточек пожара. Сотрудники ИЦЭП как

модераторы обладают возможностями поиска, добавления и корректировки существующей в БД информации. При функционировании такой БД имеется два веб приложения, одно из которых предназначено для администрирования существующей БД, а второе – для поиска информации по сети Интернет. В качестве оптимальной СУБД, отвечающей поставленным задачам, была выбрана СУБД MySQL. Она не велика по размерам, но быстро работает, обладает широким функционалом.

Данная система управления БД обладает важными для данной работы преимуществами:

- 1) работа с несколькими потоками, что позволяет поддерживать некоторое количество одновременных запросов;
- 2) оптимизация связанных данных и кэширование информации, что позволяет уменьшить процессорное и сетевое время для ее обработки;
- 3) поддержка записей различной длины;
- 4) ODBC драйвер, поставляемый вместе с исходником;
- 5) поддержка тегов и ключевых полей, а также специальных полей в операторе CREATE;
- 6) быстрая работа памяти на основе многопоточности;
- 7) утилиты для обслуживания таблиц;
- 8) использование псевдонимов к таблицам и колонкам;
- 9) возможность использования оператора INSERT на любом подмножестве полей;
- 10) легкость управления таблицами, в том числе работой с ключевыми полями;
- 11) встроенная библиотека C API, используемая при выполнении запросов к БД для вставки данных, создания таблиц и т.п.;
- 12) сервер, на котором находится сайт ИЦЭП, поддерживает бесплатное размещение нескольких различных БД MySQL.

Для работы с СУБД MySQL в веб-интерфейсе необходима система управления содержимым. Основное количество таких систем разработано с использованием языка PHP и работает на серверах Apache и Internet Information Server.

Было установлено, что указанным требованиям соответствует система управления содержимым Drupal 6.0 [6], которая и была выбрана за основу при создании БД по пожарам. В качестве сервера был выбран Internet Information Server, так как он позволяет использовать технологию ASP.NET, что дает возможность интеграции разработанных информационных ресурсов с сайтом ИЦЭП и системой информационного сопровождения деятельности СЭУ на его основе.

Для достижения наибольшей информативности предложена следующая структура БД по экспертному исследованию пожаров:

- 1) заголовок;
- 2) СЭУ;
- 3) дата пожара;
- 4) Ф.И.О. сотрудника;
- 5) код объекта пожара;
- 6) описание объекта пожара;
- 7) место расположения очага пожара;
- 8) код причины пожара;
- 9) код вывода;
- 10) вывод эксперта по причине пожара;
- 11) применяемые методы исследования;
- 12) иллюстрации.

Похожую структуру имеет БД для металлографических исследований. Далее для примера будет рассмотрена БД по пожарам.

В каждой карточке БД описаны особенности объектов, представляющих интерес для пожарно-технических экспертов.

В карточке пожара с п. 1 по п. 6 содержится установочная часть (кем проведено исследование, когда произошел пожар, обстоятельства произошедшего пожара), а с п. 7 по п. 12 содержится исследовательская часть (информация об очаге и причине пожара, фотографии с места происшествия, информация о применяемых инструментальных методах исследования).

В заголовке указывается краткое наименование объекта пожара и его дата.

В поле «СЭУ» указывается наименование судебно-экспертного учреждения, проводившего экспертизу.

В базе указывается дата пожара.

Также указывается фамилия, имя и отчество сотрудника, проводившего экспертизу.

Коды объекта пожара могут быть следующими:

- 1) промышленные предприятия;
- 2) склады, базы;
- 3) торговые учреждения;
- 4) учебные заведения (кроме детских);
- 5) научные учреждения;
- 6) лечебные учреждения;
- 7) культурно-просветительные учреждения;
- 8) административные учреждения;
- 9) детские учреждения;
- 10) сельскохозяйственные объекты;
- 11) одноэтажные жилые дома;
- 12) многоэтажные жилые дома;
- 13) транспортные объекты (кроме автомобилей);
- 14) автотранспортные средства;
- 15) новостройки;
- 16) легкие стораемые постройки;
- 17) лес, степь;
- 18) сельские поселения;
- 19) прочие объекты.

В описании объекта пожара приводятся краткие сведения об обстоятельствах пожара, имеющие значение для эксперта.

В БД указывается месторасположения очага пожара, например, территориальная или геометрическая его привязка – верх, низ, северная сторона, начало и т.д.

В поле вывода эксперта по причине пожара указывается возможная причина пожара, установленная экспертом.

Коды вывода могут быть следующими:

- 1) категорический;
- 2) вероятностный;
- 3) условный;
- 4) не представляется возможным.

Применяемые методы исследования могут быть следующими:

- 1) визуальный осмотр места происшествия;
- 2) беспилотники;
- 3) фотосъемка, оформление фототаблиц;
- 4) видеосъемка;
- 5) анализ материалов дела;
- 6) визуальное исследование вещественных доказательств;
- 7) металлографический анализ;
- 8) рентгенофазовый анализ;
- 9) газовая хроматография;
- 10) флуоресцентная спектроскопия;

- 11) газоанализаторы;
- 12) тепловизоры, пирометры;
- 13) ультразвуковые исследования железобетонных конструкций;
- 14) коэрцитиметр;
- 15) вихретоковое исследование;
- 16) электрорезистивный метод (древесные угли);
- 17) молекулярная и атомная спектроскопия;
- 18) термический анализ;
- 19) прочие инструментальные методы.

Пожары для хранения в БД выбирались по следующим критериям:

- 1) размеры объекта;
- 2) общественный резонанс, вызванный произошедшим пожаром;
- 3) научный интерес произошедшего пожара с точки зрения его особенностей, учет которых может быть полезен экспертам в их дальнейшей работе;
- 4) применяемые инструментальные методы;
- 5) высокое качество и предполагаемый интерес фотографий пожара.

В каждом СЭУ ФПС МЧС России с целью сбора результатов исследований пожаров в БД зарегистрирован личный аккаунт. Через него сотрудники СЭУ могут вносить необходимую экспертную информацию в БД. В дальнейшем такая информация, хранящаяся в БД, будет обрабатываться оператором (сотрудником ИЦЭП) и сохраняться в БД для дальнейшего использования [7, 8].

БД была разработана с использованием системы управления содержимым Drupal 6.0 и использованием адаптированных для решения поставленных задач модулей ССК и Views. Для хостинга сайта был выбран сервер Internet Information Server с поддержкой языка PHP и технологии ASP.NET.

БД расположена на сайте <http://dbase.fire-expert.spb.ru/>.

Сформированная единая электронная БД по пожарам содержит 3 000 карточек пожаров. Формирование и совершенствование электронной БД по пожарам в экспертных целях продолжается. Практическая значимость разработанной БД определяется тем, что она позволит облегчить поиск необходимой экспертной информации, повысить уровень знаний экспертов и достоверность подготовленных заключений эксперта и снизить сроки проводимых экспертных исследований по делам о пожарах.

Подведем итоги данной статьи:

1. Применение БД и информационных ресурсов позволяет упростить и ускорить поиск информации, что позволит снизить сроки и повысить качество подготавливаемых экспертных заключений.

2. Наиболее часто применяемые БД – реляционного типа, но также могут использоваться сетевые БД.

3. Разработка БД и информационных ресурсов является перспективным направлением развития системы информационного сопровождения деятельности судебно-экспертных учреждений ФПС МЧС России.

Литература

1. Стив Суэринг, Тим Конверс, Джойс Парк PHP и MySQL. Библия программиста. М.: «Диалектика», 2010. 912 с.
2. Автоматизированный комплекс для пожарно-технических экспертов «Экспотех»: Программное средство. СПб.: СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010.
3. Зернов С.И. Расчетные оценки при решении задач пожарно-технической экспертизы. М.: ЭКЦ МВД России, 1992. 88 с.
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А.Н. Баратов [и др.]. М.: Химия, 1990.

5. Информационно-техническое сопровождение деятельности СЭУ ФПС: отчет по НИР. СПб.: ФГБОУ ВО С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России.
6. The Drupal.org Community Documentation is maintained by the Drupal community // Drupal. URL: <https://www.drupal.org/documentation> (дата обращения: 01.06.2020).
7. Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Компьютерное обеспечение экспериментального исследования теплофизических процессов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 4. С. 86–93.
8. Терехин С.Н., Вострых А.В. Совершенствование информационных систем, используемых органами надзорной деятельности МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 163–170.

References

1. Stiv Suering, Tim Konvers, Dzhojs Park PHP i MySQL. Bibliya programmista. M.: «Dialektika», 2010. 912 s.
2. Avtomatizirovannyj kompleks dlya pozharo-tekhnicheskikh ekspertov «Ekspotekh»: Programmnoe sredstvo. SPb.: SPbF FGU VNIPO MCHS Rossii, 2010.
3. Zernov S.I. Raschetnye ocenki pri reshenii zadach pozharo-tekhnicheskoj ekspertizy. M.: EKC MVD Rossii, 1992. 88 s.
4. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya / A.N. Baratov [i dr.]. M.: Himiya, 1990.
5. Informacionno-tekhnicheskoe soprovozhdenie deyatel'nosti SEU FPS: otchet po NIR. SPb.: FGBOU VO S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii.
6. The Drupal.org Community Documentation is maintained by the Drupal community // Drupal. URL: <https://www.drupal.org/documentation> (data obrashcheniya: 01.06.2020).
7. Kuz'min A.A., Romanov N.N. Komp'yuternoe obespechenie eksperimental'nogo issledovaniya teplofizicheskikh processov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 4. S. 86–93.
8. Teryohin S.N., Vostryh A.V. Sovershenstvovanie informacionnyh sistem, ispol'zuemyh organami nadzornoj deyatel'nosti MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 163–170.

УДК 004.055

ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЧС РОССИИ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

С.Н. Терехин, доктор технических наук, профессор;

А.В. Вострых.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлена авторская методика оценки информационной загруженности интерфейсов специализированных информационных систем, используемых сотрудниками МЧС России в своей оперативной деятельности. Предлагаемая методика разработана на основе современных подходов компьютерного зрения и эргономических констант, полученных опытным путём различными специалистами из области инженерной психологии.

Ключевые слова: информационные системы, графический пользовательский интерфейс, анализаторная система, компьютерное зрение, информационная загруженность

IMPROVEMENT OF INFORMATION SYSTEMS USED BY THE SUPERVISORY AUTHORITIES OF THE EMERCOM OF RUSSIA

S.N. Terekhin; A.V. Vostrykh.

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

The article presents the author's methodology for assessing an information load of the interfaces of specialized information systems used by employees of the Ministry of Emergency situations of Russia in their operational activities. The proposed method is developed based on modern approaches of computer vision and ergonomic constants obtained experimentally by various specialists in the field of engineering psychology.

Keywords: information system, graphical user interface, analyzer system, computer vision, information overload

Современность характеризуется стремительно развивающимися информационными технологиями, количество новинок которых с каждым днём непрерывно растёт, стремясь покрыть все возможные потребности пользователей [1–4]. Постоянно растущий функционал и возможности информационных систем подчас приводят к обратному эффекту – неуклонно растёт перегруженность графических пользовательских интерфейсов (ГПИ). Как показывает практика использования информационных систем, особенно спроектированных для нужд специалистов МЧС России, качество их эффективности далеко от требуемой [5].

Причины столь негативных последствий в большинстве случаев кроются в низком качестве ГПИ, что впоследствии приводит к появлению сильного когнитивного диссонанса сотрудников МЧС России, возникающего при работе с различными информационными системами специализированного профиля [3–5].

ГПИ являются посредниками между внутренними алгоритмами программных продуктов и ментальными моделями пользователей [6]. От их качества зависят такие параметры, как скорость преодоления понятийного барьера механизмов взаимодействия с программами, скорость работы сотрудников в программной среде, количество ошибок,

субъективная удовлетворённость от использования программ и степень сохранения навыков оперирования [2]. Данные параметры оказывают непосредственное влияние на качество работы сотрудников и итоговые результаты, которые не могут быть отрицательными в силу их прямой зависимости от возможного увеличения материального ущерба и появления недопустимых человеческих жертв.

Существующие сегодня программные продукты как специализированного профиля, так и общецелевого (офисного) назначения имеют ряд серьёзных недостатков, основным из которых является неоправданная информационная загруженность ГПИ [5, 7, 8]. Разработка методики оценки информационной загруженности интерфейсов информационных систем МЧС России позволит найти уязвимые места в программных продуктах и составить рекомендации для производителей с целью повышения качества новых версий программ. Предлагаемая методика разработана на основе современных подходов компьютерного зрения и эргономических констант, полученных опытным путём, различными специалистами из области инженерной психологии [2, 9].

С целью более детального анализа проблематики и построения методики оценки рассмотрим деятельность сотрудников МЧС России (операторов) при взаимодействии с информационными системами.

Процесс взаимодействия оператора с информационными системами в подавляющем большинстве основан на стадийном получении данных об объекте управления с созданием перцептивного образа по его завершению. В данном процессе выделяют следующие составляющие (стадии) [9]:

- выявление (оператор выделяет элемент из общего фона, без когнитивных выводов о его свойствах и характеристиках);
- дифференциация (происходит разделение и выделение элементов, их детализация);
- идентификация (отожествление анализируемого элемента с неким подсознательным эталоном, хранящимся в памяти оператора);
- опознание (выделение и классификация свойств анализируемого элемента).

Выделим и определим некоторые основные свойства форм психической перцепции, обозначив между ними связи.

«Ощущения» – возникают при воздействии элементов анализируемого объекта на анализаторы оператора. Их аккумуляция выражается в форме – «восприятие», которое формирует образ предмета в целом, обладая свойством постоянности при изменении внешних факторов, воздействующих на оператора. «Восприятие» обладает автоматическим, итерационным и бессознательным характером, являясь результатом конструирующей функции психики. На особенности «восприятия» влияет опыт оператора и специфика рабочей обстановки [9].

Неотъемлемой составляющей эффективной работы оператора является исключение трансформации «восприятия» [10].

«Представление» – вторичный, более сложный чувственный образ, возникающий в результате синтеза «ощущений» и «восприятия», действующих на органы чувств в прошлом. «Представление» служит основой для перехода к мышлению и когнитивным действиям оператора, аккумулируя в себе весь прошлый опыт и выстраивая определённую схему действий [11].

Представление объектов ГПИ в ясной и понятной форме оператору, без неоправданной информационной перегруженности является залогом успешной продуктивной работы и низкому уровню внутреннего когнитивного диссонанса [12].

С целью поиска и выявления уязвимых мест ГПИ разработана методика оценки интерфейсов на основе расчёта времени, затраченного оператором на поиск информационно-функциональных объектов (ИФО).

Понятие поиска ИФО рассматривается с позиции процесса нахождения оператором на экранной форме объектов с заданными признаками, такими как: особая форма, цвет,

функциональность. С помощью формулы можно вычислить общее время информационного поиска [2]:

$$T_{is} = \sum_{i=1}^n (t_{gv} + t_{fi}), \quad (1)$$

где t_{gv} – время, необходимое оператору для перемещения i -го взгляда от одного анализируемого элемента к другому; t_{fi} – время i фиксации взгляда оператора; n – количество поисковых переходов.

Время перемещения взгляда оператора зависит от свойств анализируемой области, сложности искомого объектов, специфики ГПИ и способа деятельности оператора [2].

При монотонности анализируемой области ГПИ и однозначности цели величина t_{fi} может быть принята из экспериментальных констант [2–4]:

- идентификация элемента ГПИ – 0,37 с;
- считывание символа – 0,31 с;
- идентификация геометрических форм простой структуры – 0,2 с;
- фиксация индикатора – 0,280 с.

В свою очередь, t_{gv} при таких условиях эквивалентна 1, тогда формула (1) примет следующий вид:

$$T_{is} = \bar{n} * t_{fi}, \quad (2)$$

где \bar{n} – математическое ожидание количества зрительных фиксаций, необходимых для нахождения необходимого элемента ГПИ:

$$\bar{n} = \frac{N+1}{U+1}, \quad (3)$$

где N – сумма всех элементов ГПИ; U – сумма элементов, обладающих искомым признаком; a – размер зрительного образа.

Подставив значение \bar{n} из формулы (3) в формулу (2), получим:

$$T_{is} = \frac{N+1}{U+1} * t_{fi}. \quad (4)$$

Показатель a имеет некоторые ограничения психофизиологической особенности человеческой природы:

- объем оперативной памяти оператора 3–4 элемента [2–4, 9];
- охват полезного восприятия информации взглядом оператора, который составляет примерно 400 px по горизонтали и 240 px по вертикали при расстоянии пользователя от монитора 650 мм [2, 9, 13–15].

Приведённые выше параметры и формулы использовались для создания методики оценки ГПИ в аспекте информационной загруженности интерфейсов информационных систем МЧС России. В основе данного метода лежит алгоритм информационного поиска, который состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Сегментация экранной формы ГПИ на прямоугольные области размером, не превышающим «зону ясного видения».

Шаг 2. Выявление и вычисление общего количества объектов N в каждой области. Если объект находится в нескольких областях, то он принадлежит той области, в пределах которой располагается его большая площадь (при общем анализе всех элементов интерфейса).

Шаг 3. Вычисление количества объектов, обладающих заданным для поиска признаком U , отдельно в каждой области.

Шаг 4. Выбор величины t_{fi} из справочных материалов [2] в зависимости от свойств искомого элемента.

Шаг 5. Выбор параметра объема зрительного восприятия a . Минимальным является величина $a=3$, так как экспериментально данное количество элементов может запомнить в оперативной памяти любой оператор [3, 4].

Шаг 6. Расчёт сложности информационной загруженности для каждой области согласно формуле (4) и свойствам искомого элемента. Полученные результаты позволяют сравнить области ГПИ между собой и находить время, затраченное оператором на поиск анализируемого объекта ГПИ.

Шаг 7. Вычисление времени информационного поиска искомого объекта в одной из сформированных областей. Согласно исследованиям [16], взгляд оператора во время сканирования экранной формы ГПИ движется согласно F-образному пути:

- а) первоначально оператор считывает информацию по периметру верхней горизонтальной области ГПИ слева направо;
- б) после возвращается в левый верхний угол;
- с) опускается вниз по левому краю на следующий горизонтальный уровень;
- д) повторяется пункт а, но уже по новой области (протяженность просмотра зависит от информационной заинтересованности пользователя);
- е) происходит возврат к левому краю экрана;
- ф) далее анализ продолжается вниз уже практически вертикально.

Шаг 8. Так как искомым объект может находиться практически в любой области (за исключением рабочей области, которая игнорируется при вычислениях), итоговая сложность информационной загруженности определяется суммой информационного поиска каждой пройденной области по F-образному пути:

$$T_{isz(j)} = \left(\frac{N_1+1}{U_1+1} * t_{fi_1} \right) + \left(\frac{N_2+1}{U_2+1} * t_{fi_1} \right) + \dots + \left(\frac{N_j+1}{U_j+1} * t_{fi_j} \right). \quad (5)$$

Разработанная методика планируется стать основой для создания программного продукта, автоматически вычисляющего сложность информационной загруженности интерфейсов информационных систем МЧС России.

Результат работы алгоритма будет представляться как в графическом виде (характеристической карты), так и числовыми значениями времени поиска искомого элементов. Каждой проанализированной области присваивается один из трёх цветов (допустимая зона (зелёный – *green*), зона средней информационной загруженности (синий – *blue*), информационно перегруженная зона (оранжевый – *orange*) в соответствии с ограничениями объема зрительного восприятия человека:

$$\begin{cases} \text{if } U \leq 4 \rightarrow S_i \in \text{background: green} \\ \text{if } 4 < U \leq 6 \rightarrow S_i \in \text{background: blue} \\ \text{if } 6 < U \rightarrow S_i \in \text{background: orange} \end{cases}$$

Разработанный алгоритм в программном продукте может быть реализован с помощью возможностей компьютерного зрения.

Планируется использовать язык программирования python и библиотеку распознавания объектов OpenCV [17]. Параметрическая карта с результатом работы алгоритма по анализу программы «СИТИС: Спринт» представлена на рисунке.

Данный алгоритм позволяет в автоматическом режиме сканировать экранную форму ГПИ и выделять элементы различной формы. Исключив из анализа рабочую область ГПИ, путём введения в программном коде ограничений площади искомого элементов, программа

проведёт вычисления общего количества элементов ГПИ, количества элементов в каждой области, время обхода всех элементов.

Объект	Сценарий	Раби	Асор	Алад	1-Ртз	Тожки	Ино	Ир	Иок	Расчет	Ипл	Расчет	1-Рз	Колм/Ов
S_01		0.8000	0.8000	0.8000	0.129600	-	30	71	121	фазовая эва	429	с дымозоло	0.001000	0.53799 · 10 ⁴
rt_08							30	71		Да	429	Да	0.0010	
rt_09							30	69		Да	132	Да	0.0010	
rt_10							0	0		Да	258	Да	0.0010	
rt_11							90	17		Да	432	Да	0.0010	
rt_12							30	166		Да	429	Да	0.0010	
rt_13							90	16		Да	258	Да	0.0010	

Рис. Параметрическая карта результата работы алгоритма по анализу интерфейса программы «СИТИС: Спринт»

Сегодня в открытом доступе программ схожего функционала и аналогов не существует. Оценка информационных систем проводится исключительно неформализованными методами, что вызывает недоверие и субъективность итоговой оценки. Внедрение разработанной методики и реализация её в программном коде в виде программного приложения позволит проводить оценку информационных систем МЧС России, выявляя их уязвимости.

Результаты работы алгоритма позволят сравнивать между собой информационные системы схожего функционала и выбирать наиболее удачные реализации для выполнения оперативных задач сотрудниками МЧС России.

Литература

1. Головач В. Дизайн пользовательского интерфейса. Usethics, 2005–2008. 97 с.
2. Алефиренко В.М., Шамгин Ю.В. Инженерная психология. Практикум. Минск, 2005. 37 с.
3. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. 272 с.
4. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. 278 с.

5. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // АПИНО-2019: сб. науч. статей VIII Междунар. науч.-техн. конф. 2019. С. 179–184.
6. Cope A.J., Richmond P. A graphical user interface for the creation of layered neural models // *Neuroinformatics*. 2017. pp. 25–40.
7. Терёхин С.Н., Вострых А.В., Семёнов А.В. Оценка ГПИ посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 95–103.
8. Николаев Д.В., Вострых А.В., Проценко Т.В. Оценка специализированных программ расчёта безопасности ПОО // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2 (54). С. 11–17.
9. Сергеев С.Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. 258 с.
10. Ломов Б.Ф. Человек и техника. М.: Советское радио, 1966. С. 107–167.
11. Волков В.В., Луизов А.В., Овчинников Б.В. Эргономика зрительной деятельности человека // *Машиностроение*. 1989. С. 5–53.
12. Ломов Б.Ф. Справочник по инженерной психологии // *Машиностроение*. 1982. С. 50–83.
13. Джеф Р. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб.; М.: Символ-Плюс, 2007. С. 257.
14. ГОСТ Р 50923–96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. М.: Стандартинформ, 2008. 18 с.
15. ГОСТ Р 50948–2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. М.: Стандартинформ, 2008. 16 с.
16. Нильсен Я. Веб-дизайн. СПб.: Символ-Плюс, 2010. 497 с.
17. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // *IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*. Kauai, Hawaii, USA. 2015. Vol. 1. pp. 511–518.

References

1. Golovach V. Dizajn pol'zovatel'skogo interfejsa. *Usethics*, 2005–2008. 97 s.
2. Alefirenko V.M., Shamgin Yu.V. *Inzhenernaya psihologiya. Praktikum*. Minsk, 2005. 37 s.
3. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. 272 s.
4. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. 278 s.
5. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // АПИНО-2019: sb. nauch. statej VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2019. S. 179–184.
6. Cope A.J., Richmond P. A graphical user interface for the creation of layered neural models // *Neuroinformatics*. 2017. pp. 25–40.
7. Teryohin S.N., Vostryh A.V., Semyonov A.V. Ocenka GPI posredstvom algoritma poiska posledovatel'nyh shablonov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 95–103.
8. Nikolaev D.V., Vostryh A.V., Procenko T.V. Ocenka specializirovannyh programm raschyota bezopasnosti PОО // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2020. № 2 (54). S. 11–17.
9. Sergeev S.F. Vvedenie v inzhenernuyu psihologiyu i ergonomiku immersivnyh sred: ucheb. posobie. SPb.: Izd-vo SPbGU ITMO, 2011. 258 s.
10. Lomov B.F. *Chelovek i tekhnika*. M.: Sovetskoe radio, 1966. S. 107–167.

11. Volkov V.V., Luizov A.V., Ovchinnikov B.V. Ergonomika zritel'noj deyatel'nosti cheloveka // Mashinostroenie. 1989. S. 5–53.
12. Lomov B.F. Spravochnik po inzhenernoj psihologii // Mashinostroenie. 1982. S. 50–83.
13. Dzhef R. Interfejs: novye napravleniya v proektirovanii komp'yuternyh sistem. SPb.; M.: Simvol-Plyus, 2007. S. 257.
14. GOST R 50923–96. Displei. Rabochee mesto operatora. Obshchie ergonomicheskie trebovaniya i trebovaniya k proizvodstvennoj srede. Metody izmereniya. M.: Standartinform, 2008. 18 s.
15. GOST R 50948–2001. Sredstva otobrazheniya informacii individual'nogo pol'zovaniya. Obshchie ergonomicheskie trebovaniya i trebovaniya bezopasnosti. M.: Standartinform, 2008. 16 s.
16. Nil'sen Ya. Veb-dizajn. SPb.: Simvol-Plyus, 2010. 497 s.
17. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Kauai, Hawaii, USA. 2015. Vol. 1. pp. 511–518.

УДК 614; 627; 621.22; 519.8

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ПРИ ОБОРУДОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ ВОЗМОЖНОГО КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗАТОПЛЕНИЯ

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.Я. Трофимец, доктор технических наук, профессор. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Разработан научно-методический подход обоснования сил и средств для оборудования временных инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления, являющийся основой поддержки принятия решений руководителей при планировании и реализации ими этих мероприятий.

Ключевые слова: зона возможного катастрофического затопления, защита населения и территорий, управление силами и средствами

ALGORITHM FOR MANAGING FORCES AND RESOURCES IN THE EQUIPMENT OF ENGINEERING STRUCTURES FOR PROTECTION AND EVACUATION OF THE POPULATION IN THE ZONES POSSIBLE CATASTROPHIC FLOODING

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 engineering of A.A. Blagonravov of Russian academy of sciences.

V. Ya. Trofimets. Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A scientific and methodological approach has been developed to justify the forces and means for the equipment of temporary engineering structures for the protection and evacuation of the population in areas of possible catastrophic flooding, which is the basis for supporting decision-making by managers when planning and implementing these measures.

Keywords: zone of possible catastrophic flooding, protection of population and territories, management of forces and resources

Предлагаемый алгоритм управления силами и средствами при оборудовании временных инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления можно применить при принятии управленческих решений как в ходе подготовки к паводкоопасному периоду, так и при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации (ЧС). По масштабам и последствиям – это наиболее тяжелый вид ЧС.

Зона возможного катастрофического затопления – территория, которая в результате

повреждения или разрушения гидротехнических сооружений или в результате стихийного бедствия может быть покрыта водой с глубиной затопления более 1,5 м. В пределах её возможны гибель людей, повреждение или разрушение зданий, других материальных ценностей. Наводнения классифицируются по различным признакам (табл. 1, 2) [1–3].

Основные причины затопления местности – потепление климата и оттаивание вечной мерзлоты, при этом выделяется большое количество метана, увеличение которого повышает температуру воздуха. В результате чаще наблюдаются усиленные осадки.

Таблица 1. Классификация наводнений по масштабам и наносимому ущербу

Категории наводнений	Масштаб и наносимый ущерб
Низкие (малые)	На равнинных реках, незначительный материальный ущерб
Высокие	Значительное затопление участков речных долин, приводящее к частичной эвакуации
Выдающиеся	Охватывают речные бассейны, наносят большой материальный ущерб, приводят к эвакуации населения
Катастрофические	Затапливают территории в пределах одной или нескольких речных систем, приводят к значительным материальным убыткам и гибели людей

Таблица 2. Классификация наводнений по размеру возможных зон поражения

Вид наводнения	Площадь затопления		Высота подъёма воды, м
	кв. км	% населённых пунктов	
Малое	10	15–20	1,5–2
Среднее	10–100	20–40	2–4
Крупное	100–1000	40–95	4–6
Катастрофическое	>1000	95–100	6–14

Под защитой населения и территорий понимается комплекс мероприятий, направленных на устранение или снижение на пострадавших территориях угрозы жизни и здоровью людей в случае опасности возникновения или в условиях реализации опасных и вредных факторов стихийных бедствий, техногенных аварий и катастроф.

В настоящее время существуют следующие способы защиты населения от поражающих факторов ЧС: рассредоточение или эвакуация населения из района ЧС; предоставление всем группам населения средств коллективной и индивидуальной защиты. Например, на территории Хабаровского края при возникновении наводнения или паводка основным способом защиты людей является эвакуация населения из затапливаемых районов и размещение их в незатапливаемой зоне.

Мероприятия по защите населения и территорий при наводнениях можно разделить на заблаговременные и выполняемые при их возникновении [4–6].

Заблаговременные мероприятия включают организационные и инженерно-технические мероприятия.

Состав организационных мероприятий: разработка документов, запрещающих строительство объектов экономики и населенных пунктов в зонах возможного катастрофического затопления; прогнозирование его последствий; обследование территории для организации различных защитных мероприятий; совершенствование системы оповещения и информирования населения, оснащения спасательных формирований, готовности органов управления; подготовка к действиям в ЧС населения, руководителей всех уровней, персонала организаций; подготовка к проведению мероприятий по спасению, эвакуации и жизнеобеспечению населения.

Состав инженерно-технических мероприятий: создание сети автоматизированного контроля за повышением уровня воды в поймах рек; строительство защитных и оградительных дамб, регулирование стока воды в реки и водохранилища, организация

других работ по снижению ущерба; подготовка сил и средств для эвакуации и жизнеобеспечения людей; выбор маршрутов ввода сил и средств, эвакуации населения, подготовка районов размещения населения и их жизнеобеспечение; информирование населения о принятых мерах по обеспечению безопасности и порядке действий; ограничение или прекращение работы организаций в зонах затопления; создание финансовых и материальных ресурсов; заблаговременная эвакуация населения из затапливаемых зон и др.

В ходе ЧС реализуются следующие мероприятия: оповещение населения; проведение аварийно-спасательных работ; эвакуация людей, вывоз материальных и культурных ценностей в незатапливаемые районы; первоочередное жизнеобеспечение населения; контроль обстановки; проведение мероприятий инженерной, медицинской, радиационной и химической защиты; возведение переправ для ввода сил и средств и эвакуации населения; возведение обвалования, строительство берегозащитных сооружений, ограждающих дамб, отвод паводковых вод; подсыпка территории; восстановление дорог, мостов, дамб, других инженерных сооружений; восстановление систем электро-, водо-, теплоснабжения и связи и др.

Специфическими работами при наводнениях являются: укрепление берегозащитных сооружений, ограждающих дамб; сооружение водоотводных каналов; проведение русловыпрямительных работ; возведение специальных паводкорегулирующих водохранилищ; ликвидация заторов (из упавших деревьев) на реках; организация временных переправ; защита дорожных сооружений; проведение противоэпидемических мероприятий; подсыпка территории и др.

Для выполнения задач, например, в Хабаровском крае имеются силы и средства для ликвидации ЧС (табл. 3). При наводнениях меры защиты населения подразделяются на технические (предупредительные) и оперативные (срочные).

При этом классификация рек осуществляется по их величине, в зависимости от географо-климатических условий, по водному режиму и т.д. [5–7].

При угрозе и возникновении катастрофического затопления местности наиболее актуальным способом защиты населения является эвакуация – комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) населения из зон катастрофического затопления и его кратковременному размещению в заблаговременно подготовленных по условиям первоочередного жизнеобеспечения безопасных районах. Выделяются при этом упреждающая (заблаговременная) и экстренная (безотлагательная) эвакуация населения.

Применение мероприятий по защите населения должно обеспечиваться: организацией и осуществлением наблюдения, контроля и прогнозирования состояния природной среды, возникновения и развития опасных для населения природных явлений; своевременным оповещением об угрозе ЧС; обучением населения действиям в ней; осуществлением мер по жизнеобеспечению населения.

Мероприятия по ликвидации последствий катастрофических наводнений могут быть разделены на следующие группы: определение границ зон затопления; поиск пострадавших; оказание им медицинской и других видов помощи и эвакуация. Для выполнения этих мероприятий привлекаются поисково-спасательные формирования. При этом аварийно-спасательные формирования МЧС России оснащены техникой и оборудованием, позволяющими проводить спасательные операции. В то же время возможности подразделений спасательных центров МЧС России не предусматривают выполнения задач по оборудованию и содержанию инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления.

На территории страны имеются спасательные формирования, которые могут быть привлечены к ликвидации ЧС межрегионального и федерального характера, но срок их прибытия составляет 15–19 суток, что не позволяет оперативно выполнять задачи по защите населения в зонах возможного катастрофического затопления. Создаваемая группировка сил должна проводить аварийно-спасательные работы в короткие сроки (1–3 суток).

Таблица 3. **Время прибытия к месту ЧС сил и средств**

Время прибытия	Силы и средства для ликвидации ЧС	Имеющаяся техника для возведения сооружений, прокладки путей и оборудования переправ
«Ч»+0,5 ч	дежурные караулы противопожарных подразделений Государственной противопожарной службы	–
	подразделения медицинской скорой помощи муниципальных образований	–
«Ч»+3 ч	аварийно-спасательные подразделения Амурского спасательного центра МЧС России; ведомственные аварийно-спасательные формирования	–
	подразделения Государственной противопожарной службы	–
	подразделения Хабаровского территориального центра медицины катастроф	–
	подразделения поисково-спасательного отряда Хабаровского края, поисково-спасательных отрядов муниципальных образований	–
«Ч»+48 ч	подразделения Амурского спасательного центра МЧС России с тяжелой инженерной техникой	ПТС, бульдозеры, экскаваторы, грейдеры
	соединения и воинские части Министерства обороны России, других силовых ведомств	ПТС, бульдозеры, экскаваторы, грейдеры
	специализированные ведомственные подразделения	бульдозеры, экскаваторы, грейдеры
	специализированные подразделения Государственной противопожарной службы	ПТС, бульдозеры, экскаваторы
«Ч»+15 сут	подразделения спасательных воинских формирований МЧС России с инженерной техникой	ТММ, ПМП

Инженерная техника для возведения противопаводковых инженерных сооружений, восстановления или строительства мостовых переходов, организации переправ может привлекаться от подразделений МЧС России, Министерства обороны, специализированных организаций. При этом необходимо постоянно оценивать обстановку, осуществлять маневр силами и средствами.

Работы по ликвидации наводнения включают спасательные и неотложные аварийные работы.

Спасательные работы в условиях наводнения включают: поиск пострадавших, обеспечение доступа спасателей к пострадавшим, их спасение, оказание первой медицинской помощи, эвакуацию пострадавших, местного населения, материальных и культурных ценностей из зоны наводнения.

Для спасения и эвакуации пострадавших могут использоваться различные спасательные средства: надувные и десантные лодки, плавающие транспортеры и боевая техника, самоходные паромы, лодки, катера и другие плавательные средства. Для плавающих транспортеров и боевой техники должны быть оборудованы съезды в воду, для буксиров, катеров, барж – места для причаливания.

Неотложные аварийные работы в условиях наводнения включают: инженерные работы по укреплению (возведению) ограждающих дамб, сооружению водоотводных каналов и оборудованию причалов для спасательных средств; устройство переправ; защиту и восстановление дорожных коммуникаций и сооружений; восстановление систем энерго-, газо- и водоснабжения и др.

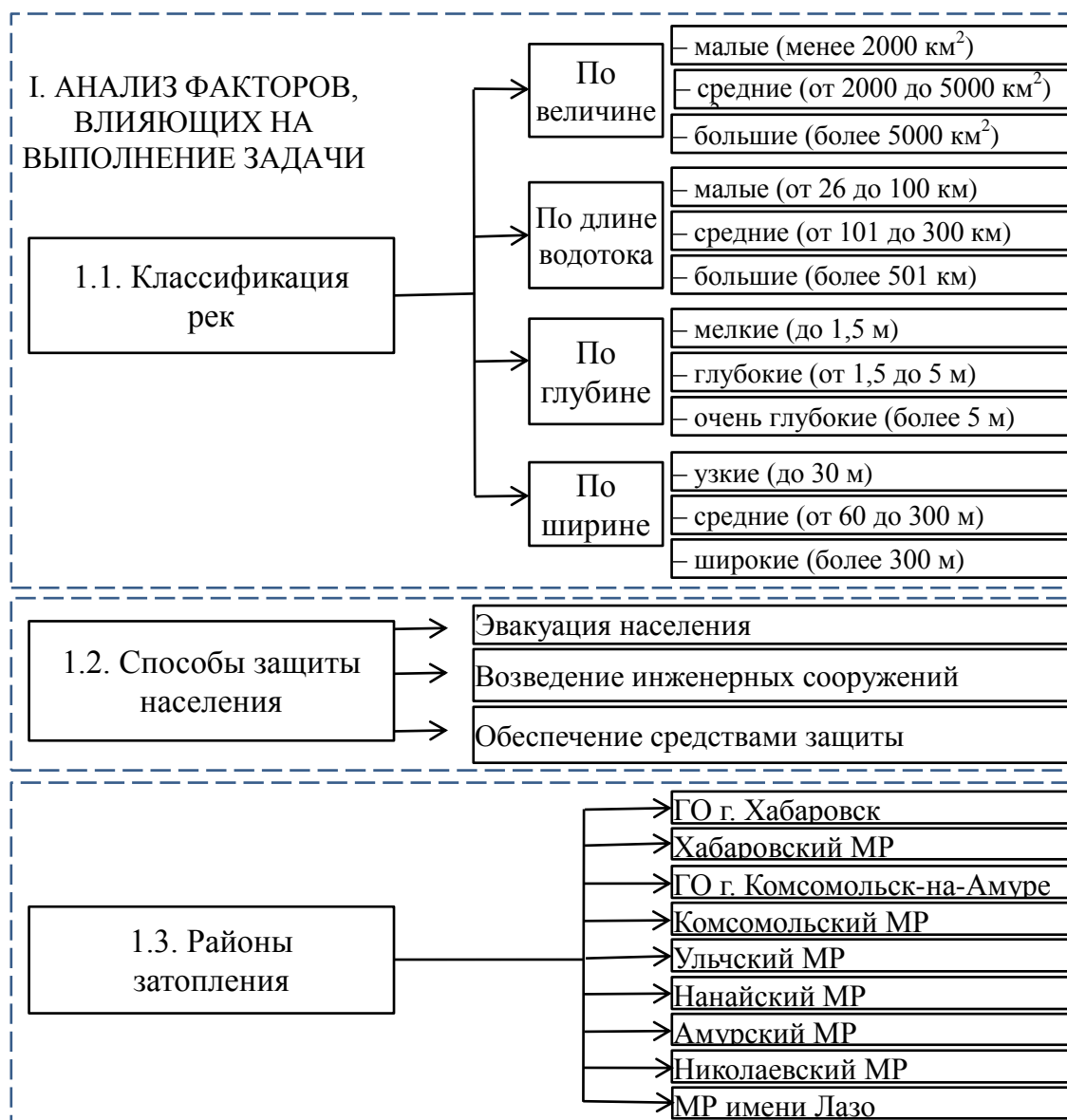
В зависимости от характера водной преграды различают следующие виды переправ: десантные, паромные, мостовые и т.д. Для устройства десантных переправ могут использоваться гусеничные плавающие транспортеры (ПТС), десантные и надувные лодки;

паромных – гусеничные самоходные паромы (ГСП), паромно-мостовые машины (ПММ) и паромы, буксируемые катером; мостовых – танковые механизированные мосты (МТУ-20, -72), понтонно-мостовой парк (ПМП), тяжелый механизированный мост (ТММ) и др. При разрушении мостов возможно строительство низководных мостов малых пролетов с использованием специальных мостостроительных средств типа мостостроительных установок и комплектов мостостроительных средств (УСМ).

Анализ содержания управления силами и средствами и организации работ по защите населения в зонах возможного катастрофического затопления показал, что оснащенность силами и средствами ликвидации ЧС, связанной с затоплением местности, не позволяет проводить мероприятия по возведению инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления.

При реализации мероприятий защиты населения надлежит руководствоваться следующими принципами: мероприятия проводятся заблаговременно, планирование и реализация их проводятся с учётом особенностей территорий; объём и содержание мероприятий определяются, исходя из принципа разумной достаточности и имеющихся сил и средств; ликвидация ЧС осуществляется силами и средствами тех территорий, где она сложилась.

Расчеты по определению состава группировки сил и средств должны проводиться на основе прогнозирования обстановки (рис.).



II. Оценка существующих сил и средств									
Эшелон	Хабаровский край	Приморский край	Сибирский спасательный центр	Волжский спасательный центр					
I (до 0,5 ч)	Дежурные смены: пожарно-спасательных частей (ПСЧ) (надувные лодки); поисково-спасательных отрядов (ПСО) муниципальных районов (АСМ, надувные лодки)								
II (до 3 ч)	Дежурные смены: ПСО субъекта (АСМ, надувные лодки); специализированных ПСЧ (АСМ, надувные лодки)								
III (более 3 ч)	Специализированные ПСЧ (ПТС, катер, ПНС); Амурский спасательный центр (9 ПТС, 3 АСМ, ПНС); ПСО субъекта (СВП, 2 катера, водолазный комплекс)	Дежурная смена ПСО субъекта (АСМ, надувные лодки)							
Более 2 сут	Амурский спасательный центр (ИМР, 2 бульдозера, 2 погрузчика, 4 самосвала); подразделения Минобороны (ТММ, ИМР, БАТ)	ПСО субъекта (2 катера, водолазный комплекс)	ТММ	ТММ					
III. Распределение сил и средств по участкам работ									
№ п/п	Наименование работ	Силы и средства	Населённый пункт	Время проведения работ, часов					
				12	24	36	48	60	
1	Инженерная разведка района работ (при работе в 2 смены), прибытие до 0,5 ч: 2 ДК ПСЧ № 39; прибытие до 3 ч: ДС ПСО г. Амурск; ДС ПСО г. Комсомольск-на-Амуре	ДК ПСЧ № 39 – 2 чел. (ПСА); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)	с. Иннокентьевка (880 чел.)	0,5	3				
		ДС ПСО г. Амурск: то же		3	4				
		ДК ПСЧ № 39: то же	п. Дзонка (1144 чел.)	0,5	3				
		ДС ПСО г. Комсомольск-на-Амуре: то же		3	4				
2	Эвакуация населения, в т.ч. с помощью переправочных средств (при работе в 2 смены) прибытие до 6 ч: ДС ПСО МЧС;	ДС ПСО МЧС России – 2 чел. (АСМ); – 6 чел. (2 лодки на 8 чел.)	с. Иннокентьевка (880 чел.)	4	●—————●				
		ДК СПСЧ МЧС России – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	●—————●				

	ДК СПСЧ МЧС; ДС ПСО края прибытие до 12 ч: Амурский СЦ МЧС	ДК ПСЧ № 39: то же		3	●	—	●				
		ДС ПСО г. Амурск: то же		4	●	—	●				
		СПСЧ МЧС России – 2 чел. (ПТС); – 2 чел. (катер на 10 чел.); – 2 чел. (ПНС)				●	—	●			
		Амурский СЦ МЧС России – 4 чел. (2 ПТС); – 8 чел. (4 лодки на 4 чел.)				●	—	●			
		Возведение дамб для защиты от паводка, подсыпка территории территории (при работе в 2 смены) прибытие до 0,5 ч: силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка»,	ДС ПСО края – 2 чел. (АСМ); – 6 чел. (2 лодки на 8 чел.)	п. Джонка (1144 чел.)	4	●	—	●			
			ДК СПСЧ МЧС России – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	●	—	●			
			ДК ПСЧ № 39 – 2 чел. (ПСА); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		3	●	—	●			
			ДС ПСО г. Комсомольск- на-Амуре – 2 чел. (АСМ); – 2 чел. (лодка на 4 чел.)		4	●	—	●			
	Амурский СЦ МЧС России – 4 чел. (2 ПТС); – 8 чел. (4 лодки на 4 чел.)				●	—	●				
3	Возведение дамб для защиты от паводка, подсыпка территории территории (при работе в 2 смены) прибытие до 0,5 ч: силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка»,	Силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка», организаций Нанайского МР (инженерная техника)	с. Иннокен- тьевка	0,5	●	—	●				
		Амурский СЦ – 2 чел. (ИМР); – 28 чел. (бульдозер, 2 погрузчика, 4 самосвала)					●	—	●		

	организаций Нанайского МР; прибытие до 24 ч Амурский ЦС МЧС России, прибытие до 3 сут: подразделения Минобороны России	Подразделения Минобороны России (ТММ, ИМР, БАТ)	п. Джонка		
		Силы и средства СП «п. Иннокен- тьевка», организаций Нанайского МР (инженерная техника)			
		Амурский ЦС – 2 чел. (ИМР); – 28 чел. (бульдозер, 2 погрузчика, 4 самосвала)			
		Подразделения Минобороны России (ИМР, БАТ)			
4	Возведение мостов (при работе в 2 смены), прибытие до 0,5 ч: силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка», организаций Нанайского МР; прибытие до 12 сут: Волжский ЦС, Сибирский ЦС	Силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка», организаций Нанайского МР (автокран, копёр)	с. Иннокен теьевка		
		Волжский ЦС (ТММ – 1 к-т)			
		Силы и средства СП «с. Иннокен- тьевка», организаций Нанайского МР (автокран, копёр)	п. Джонка		
		Сибирский ЦС (ТММ – 1 к-т)			

Рис. Алгоритм управления силами и средствами при возникновении ЧС, связанной с катастрофическим затоплением (на примере Хабаровского края)

Анализ способов защиты населения в зонах катастрофического затопления показал, что при наводнении основным способом защиты является эвакуация из затопляемых районов. При этом в аварийно-спасательных формированиях, как правило, отсутствует техника и оборудование для возведения инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах катастрофического затопления.

Существующие научно-методические подходы обоснования сил и средств для проведения работ в зоне катастрофического затопления не предусматривают мероприятия по установке мостовых переходов, переправ, что не позволяет повысить оперативность проведения спасательных и неотложных аварийных работ. Поэтому сложилось противоречие между необходимостью оборудования инженерных сооружений для защиты и эвакуации

населения в зонах возможного катастрофического затопления и отсутствием алгоритма управления силами и средствами при их оборудовании.

Для управления силами и средствами при оборудовании временных инженерных сооружений для защиты и эвакуации населения в зонах возможного катастрофического затопления разработан алгоритм (на примере Хабаровского края). Алгоритм предлагается использовать при организации выполнения (например, в составе оперативных штабов, оперативных групп) мероприятий по ликвидации последствий катастрофического затопления.

При получении прогнозной информации о ЧС:

- уточняются возможные условия развития паводковой обстановки – классификация реки по величине, длине, глубине и ширине, возможный район затопления, варианты мероприятий по защите населения;

- проводится расчёт группировки сил и средств и сравнение с имеющимися на территории силами и средствами, подготовленными для проведения мероприятий по ликвидации ЧС, связанной с паводками;

- составляется график выполнения работ, производится распределение сил и средств по местам и видам работ с учётом времени их прибытия из мест постоянной дислокации;

- составляется схема передислокации подразделений после выполнения мероприятий по защите населения.

При возникновении ЧС, связанной с катастрофическим затоплением, производится уточнение запланированных мероприятий в зависимости от условий развития обстановки, факторов, влияющих на выполнение мероприятий по защите населения.

Таким образом, для защиты населения в зоне катастрофического затопления необходимо проведение комплекса мероприятий, реализуемых как заблаговременно, так и в ходе ликвидации последствий ЧС.

Для выполнения задач по защите населения необходимо:

- уточнить условия развития паводковой обстановки – классификацию реки по величине, длине, глубине и ширине, район затопления;

- возможные варианты мероприятий по защите населения;

- провести расчёт группировки сил и средств;

- определить имеющиеся на территории субъекта Российской Федерации силы и средства, имеющие специализированную технику и подготовку к действиям в условиях паводка;

- произвести расстановку сил и средств по местам и видам работ, с учётом времени их прибытия из мест постоянной дислокации;

- составить график выполнения работ и передислокации подразделений после выполнения мероприятий по защите населения.

Теоретическое значение полученных результатов заключается в развитии взглядов на организацию защиты населения в зонах возможного катастрофического затопления и в разработке научно-методического подхода обоснования предложений по повышению эффективности управления силами и средствами при оборудовании временных инженерных сооружений и по защите населения в зоне возможного катастрофического затопления.

Литература

1. СП 165.1325800.2014. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90. М.: АО «Кодекс», 2014.

2. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего половодья и паводков. М.: МЧС России, 2000.

3. Седнев В.А., Войтович А.А. Обоснование исходных данных для разработки решений по защите территорий от катастрофического затопления в результате стихийного

бедствия или повреждения гидротехнического сооружения // Гидротехническое строительство. 2020. № 12. С. 53–57.

4. Седнев В.А., Копнышев С.Л. Теоретические основы обоснования требований к физической стойкости гидротехнических сооружений и других объектов энергетики при внешнем динамическом воздействии // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 6. С. 43–62.

5. Седнев В.А., Седнев А.В. Инженерно-технические мероприятия по подготовке электроэнергетических сооружений и систем к устойчивому функционированию // Промышленная энергетика. 2019. № 10. С. 11–18.

6. Руководство по действиям органов управления и сил РСЧС при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. М.: ВНИИ ГОЧС, 2005. 68 с.

7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 18: Дальний Восток. М., 1989.

References

1. SP 165.1325800.2014. Inzhenerno-tehnicheskie meropriyatiya po grazhdanskoj oborone. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.01.51-90. М.: АО «Кодекс», 2014.

2. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i provedeniyu meropriyatij, napravlennyh na snizhenie posledstvij vesennego polovod'ya i pavodkov. М.: МСНС России, 2000.

3. Sednev V.A., Vojtovich A.A. Obosnovanie iskhodnyh dannyh dlya razrabotki reshenij po zashchite territorij ot katastroficheskogo zatopeniya v rezul'tate stihijnogo bedstviya ili povrezhdeniya gidrotekhnicheskogo sooruzheniya // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. 2020. № 12. S. 53–57.

4. Sednev V.A., Kopnyshev S.L. Teoreticheskie osnovy obosnovaniya trebovanij k fizicheskoj stojkosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenij i drugih ob"ektov energetiki pri vneshnem dinamicheskom vozdejstvii // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. 2018. № 6. S. 43–62.

5. Sednev V.A., Sednev A.V. Inzhenerno-tehnicheskie meropriyatiya po podgotovke elektroenergeticheskikh sooruzhenij i sistem k ustojchivomu funkcionirovaniyu // Promyshlennaya energetika. 2019. № 10. S. 11–18.

6. Rukovodstvo po dejstviyam organov upravleniya i sil RSCHS pri ugroze i vozniknovenii chrezvychajnyh situacij. М.: VNIИ GOCHS, 2005. 68 s.

7. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. Tom 18: Dal'nij Vostok. М., 1989.

Материал поступил в редакцию 25 декабря 2020 г.; принят к публикации 27 января 2021 г.

УДК 004.942

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

В.Ф. Щетка, кандидат военных наук, профессор;

Г.Н. Заводсков;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведен анализ происшествий на водном транспорте, определены ключевые задачи органа управления, решаемые с помощью автоматизированных информационных систем по обеспечению безопасности на водном транспорте. Автоматизированные информационные системы позволят реализовать поддержку принятия решений в условиях неопределённости, присущих большинству чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: безопасность людей на водном транспорте, автоматизированная информационно-управляющая система, орган управления

SECURITY DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM BY WATER TRANSPORT

V.F. Shchetka; G.N. Zavodskov; V.A. Onov.

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

In this article analyzed of accidents in water transport, the key tasks of the territorial establishment are determined, which are solved with the help of automated information systems to ensure safety in water transport. Automated information systems will make it possible to implement decision support under conditions of uncertainty inherent in most emergencies.

Keywords: safety of people in water transport, automated information management system, establishment of governance

Состояние безопасности людей на водном транспорте в значительной мере определяется тем, насколько эффективно организована работа органов управления МЧС России по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного вида на водном транспорте.

Анализ основных показателей, характеризующих происшествия на водных объектах Российской Федерации (рис. 1), позволяет сделать вывод, что количество происшествий в 2019 г. уменьшилось на 10 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, (2019 г. – 3 483; 2018 г. – 3 868) [1].

В то же время увеличилось количество аварий с маломерными судами и количество погибших в них людей (2018 г. – 43 аварии, 2019 г. – 52 аварии; количество погибших 2018 г. – 48 чел., 2019 г. – 50 чел.) [1, 2].

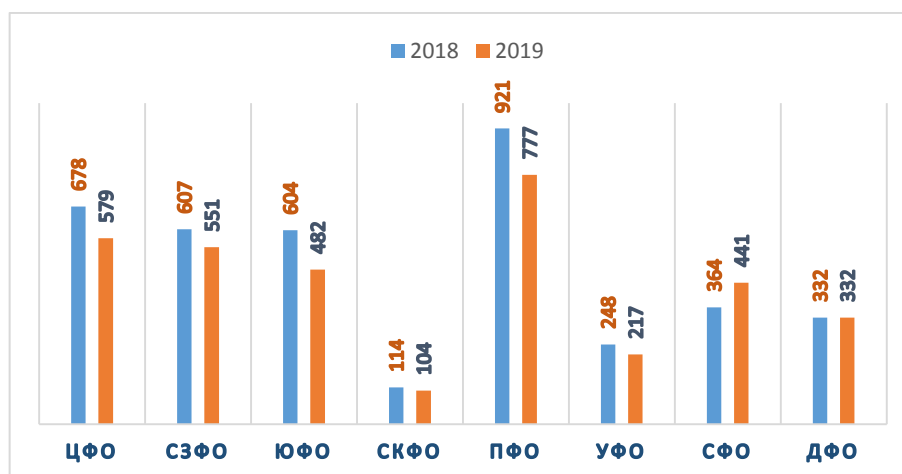


Рис. 1. Основные показатели происшествий на водном транспорте (ЦФО – Центральный федеральный округ (ФО); СЗФО – Северо-Западный ФО; ЮФО – Южный ФО; СКФО – Северо-Кавказский ФО; ПФО – Приволжский ФО; УФО – Уральский ФО; СФО – Сибирский ФО; ДФО – Дальневосточный ФО)

Подразделениями поиска и спасания людей МЧС России в 2019 г. проводились работы по ликвидации последствий происшествий на водных объектах.

Силами МЧС России проведено 2 289 поисково-спасательных работ на водных объектах. При этом спасено 3 397 чел., эвакуированных с аварийных объектов, находящихся в воде, на 39,4 % больше, чем в 2018 г. (2 436).

Расширение зоны анализа позволило выявить, что в мире погибает от 350 до 400 судов ежегодно. При этом около 8 тыс. судов подвергаются серьезным авариям. Статистический анализ ежегодных данных о подобных авариях показывает, что в результате погибает около 200 тыс. человек, в том числе – 25 % погибают в воде, 25 % погибают в спасательных средствах, 50 % – вместе с кораблем.

Данные обстоятельства подтверждают актуальность эффективной организации работ по принятию решений по обеспечению безопасности на водном транспорте.

Анализируя различные аспекты вопросов обеспечения безопасности на водном транспорте, можно отметить, что авария как источник ЧС на воде имеет ряд особенностей. Среди них можно выделить основные:

- 1) наличие существенного разнообразия средств водного транспорта, которые отличаются рядом признаков, таких как назначение, скорость перемещения, эксплуатационные характеристики;
- 2) высокая вероятность воздействия непрогнозируемых факторов при перемещении людей и грузов водным транспортом;
- 3) значительный объем веществ, которые транспортируются средствами водного транспорта, причем очень часто это опасные и вредные вещества;
- 4) нахождение судов, на которых происходит авария на довольно значительном расстоянии от мест дислокации аварийно-спасательных служб (АСС).

Для ликвидации последствий аварий на элементах водного транспорта привлекаются службы и подразделения, представленные на рис. 2.

Деятельность указанных на рис. 2 служб и формирований (официально они называются – участники взаимодействия при поиске и спасании людей на водных бассейнах России), необходимо координировать. Данная координация действий возложена на МЧС России. В рамках координации действий территориальные органы МЧС России обеспечивают взаимосвязь действий (работ) служб, формирований, подразделений, осуществляющих ликвидацию последствий ЧС.

Организация авиационного поисково-спасательного обеспечения на море и водных бассейнах возложена на соответствующие АСС федеральных органов исполнительной власти (МЧС России, Минобороны России, Минтранса России и Росгидромета).

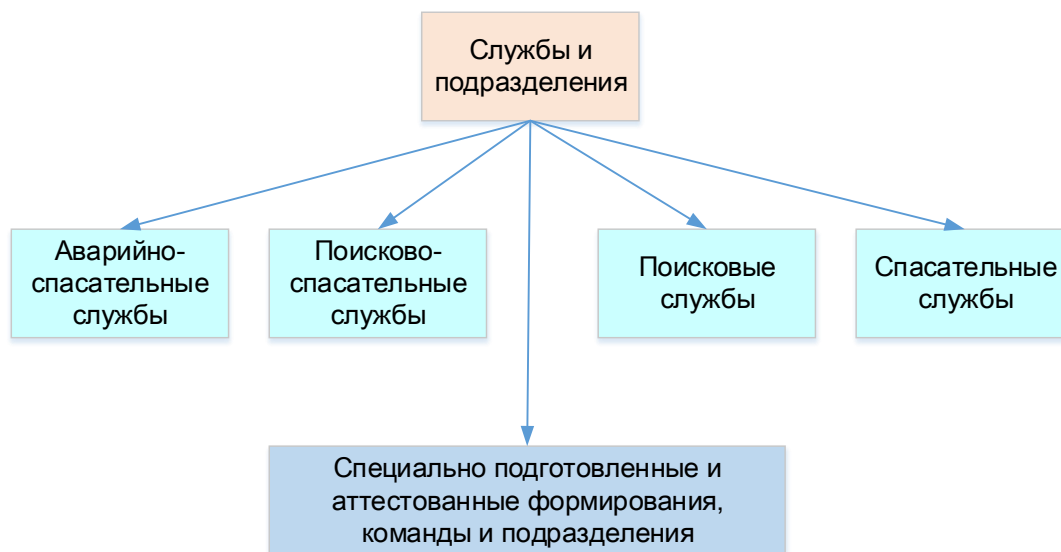


Рис. 2. Структура служб и формирований, привлекаемых для ликвидации последствий аварий на элементах водного транспорта

Общее руководство данным процессом осуществляет МЧС России, а контроль за состоянием готовности органов управления, сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) участников взаимодействия возлагается на организации, которые выделяют соответствующие силы и средства.

Указанные обстоятельства позволяют заключить, что при выполнении работ по ликвидации ЧС на водном транспорте, в том числе для каждой конкретной операции поиска и спасения, которая проводится в рамках ликвидации конкретной ЧС, должен назначаться специальный орган управления, в обязанности которого входит именно координация работ по ликвидации ЧС, в том числе и непосредственно поисково-спасательная операция.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 [3] данный координирующий орган выполняет функции, указанные на рис. 3.

Важной особенностью ЧС на водном транспорте является то, что такие ЧС получают, как правило, широкую общественную огласку. Поэтому существует настоятельная необходимость установки контакта как между самими участниками операции по ликвидации ЧС, так и между общественностью, различными органами исполнительной власти, а также средствами массовой информации.

Следовательно, важнейшее значение приобретают вопросы получения и обработки информации, относящейся к ЧС.

Современные информационные технологии позволяют разрабатывать и использовать различные информационно-управляющие системы в контуре управления соответствующих организационно-технических структур.



Рис. 3. Функции органа, осуществляющего координацию работ по ликвидации ЧС

Информационно-техническое обеспечение органов управления РСЧС осуществляется в едином информационном пространстве с использованием автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС). АИУС РСЧС предназначена для осуществления информационного обмена и взаимодействия органов управления РСЧС при решении задач в области защиты населения и территорий от ЧС, поддержки принятия управленческих решений, ведения баз данных электронных паспортов территорий, баз данных в области защиты населения и территорий от ЧС (происшествий). Сама АИУС представляет собой совокупность различных систем. В их число входят:

- средства технических систем;
- комплексы средства связи и оповещения;
- комплексы средств автоматизации;
- различные информационные ресурсы.

Все указанные системы обеспечивают обмен данными, подготовку, сбор, хранение, обработку, анализ и передачу информации [4–8].

Внедрение АИС обеспечивает переход центров управления в кризисных ситуациях на новые технологии управления. Данный переход позволяет осуществлять формализацию и последующую автоматизацию ряда процессов, таких как сбор, обработка и представление органам управления РСЧС оперативной информации о ЧС. Отдельным элементом является также организация мониторинга состояния как природной среды, так и различных объектов, а также важнейший этап аналитической деятельности – прогнозирование ЧС.

Фактически внедрение АИС обеспечивает органу управления, осуществляющему координацию действий участников взаимодействия по обеспечению безопасности на водном транспорте, выполнение ряда ключевых задач, представленных на рис. 4.

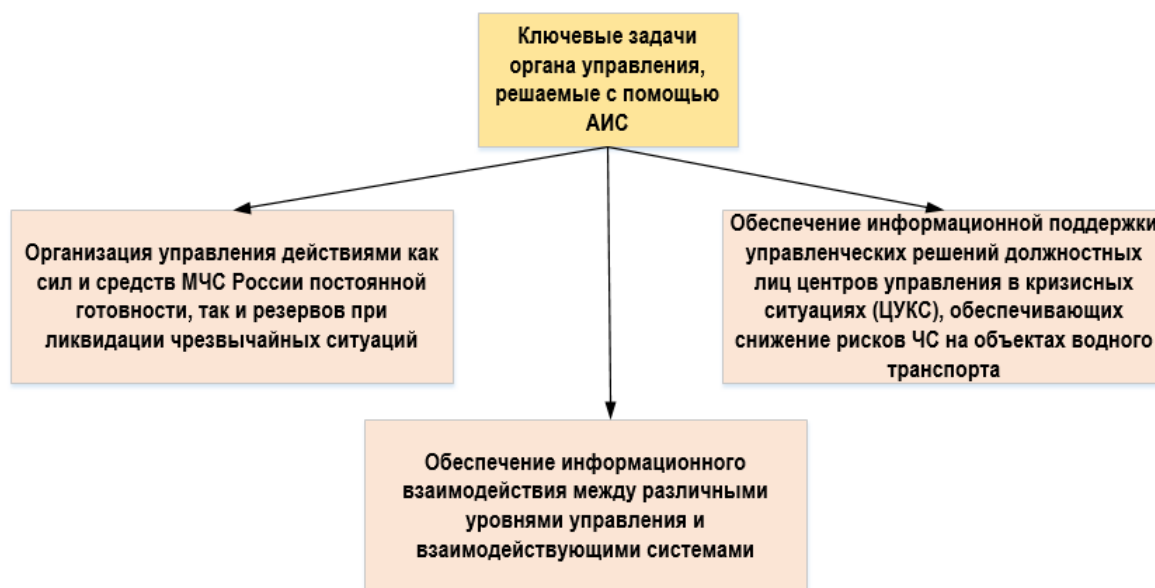


Рис. 4. Ключевые задачи органа управления, решаемые с помощью АИС

Качественное решение задач, выделенных на рис. 4, можно обеспечить, если внедрить в цикл принятия решений должностными лицами органа управления соответствующие АИС. Такие системы позволят реализовать поддержку принятия решений в условиях неопределённости, присущих большинству ЧС. В частности, могут быть реализованы следующие процессы:

- автоматизация функций информационной поддержки принятия решений по планированию и контролю;
- автоматизация функций информационной поддержки принятия решений исполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС на водном транспорте;
- обеспечение формализации процессов информационного взаимодействия как с федеральными, так и муниципальными органами исполнительной власти, а также силами и средствами, привлекаемыми к ликвидации ЧС;
- ситуационно-сценарное моделирование угроз и ЧС на водном транспорте, базирующееся на методиках прогнозирования перспектив развития ЧС, статистических методах расчетов прогнозных значений, методиках анализа полученных решений [9–11].

Совершенствование существующих автоматизированных информационно-управляющих систем путем внедрения в них реализации указанных выше процессов позволит:

- повысить эффективность работы и значительно уменьшить время реагирования на угрозу ЧС на водном транспорте;
- качественно повысить уровень информированности органа управления в реальном времени;
- реализовать методы и логику оперативной организации работы участников взаимодействия работ по ликвидации ЧС;
- повысить качество работ по задействованию значительных ресурсов управления на ранних стадиях развития ЧС;
- обеспечить возможность реагирования как во вертикали (в том числе через уровень), так и по горизонтали – с привлекаемыми силами и средствами;
- реализовать возможность проводить оперативный расчет различных вариантов развития конкретной ЧС;
- повысить эффективность принимаемых должностными лицами управленческих решений как по предупреждению ЧС, так и по ликвидации ЧС на водном транспорте;
- обеспечить снижение человеческих потерь и материального ущерба.

Литература

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 г.: гос. доклад. М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2020. 259 с.
2. Скрыпник И.Л. Вопросы безопасности морских перевозок // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сб. науч. статей по итогам IX Междунар. науч. конф. Казань: Изд-во ООО «Конверт», 2020.
3. О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах»: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 марта 2018 г. № 377. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794 (с изм. на 12 окт. 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Качанов С.А., Нехорошев С.Н., Попов А.П. Информатизационные технологии поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях // Автоматизированная информационно-управляющая система Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: вчера, сегодня, завтра. М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2011.
6. Агеев С.В., Измалков В.А. Современные тенденции развития автоматизированной информационно-управляющей системы РСЧС // Технологии гражданской безопасности. 2016. Т. 13. № 3 (49). С. 40–43.
7. Юркин М.А., Латышенко К.П., Семенов Е.С. Предупреждение чрезвычайных ситуаций с применением современных информационных технологий // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (40). С. 40–45.
8. Тиамийу О.А. Исследование механизма доверенной маршрутизации в глобальных телекоммуникационных сетях: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2015. 132 с.
9. Юркин М.А. Предупреждение чрезвычайных ситуаций с применением современных информационных технологий // Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО: сб. трудов секции № 13 XXIX Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». 2019. С. 54–58.
10. Дроздов А.П., Песков Р.И. Проблемы информационного обеспечения в единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Human Progress. 2017. Т. 3. № 3. С. 7.
11. Основные направления развития информационного обеспечения автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС) единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) / С.А. Качанов [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 2 (44). С. 8–12.

References

1. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera v 2019 g.: gos. doklad. M.: MCHS Rossii; FGBU VNII GOCHS (FC), 2020. 259 s.
2. Skrypnik I.L. Voprosy bezopasnosti morskikh perevozok // Prioritetnye napravleniya innovacionnoj deyatelnosti v promyshlennosti: sb. nauch. statej po itogam IX Mezhdunar. nauch. konf. Kazan': Izd-vo ООО «Konvert», 2020.
3. O vnesenii izmenenij v gosudarstvennuyu programmu Rossijskoj Federacii «Zashchita naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij, obespechenie pozharnoj bezopasnosti i bezopasnosti lyudej na vodnyh ob"ektah»: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 marta 2018 g. № 377. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

4. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794 (с изм. на 12 окт. 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Kachanov S.A., Nekhoroshev S.N., Popov A.P. Informatizacionnye tekhnologii podderzhki prinyatiya reshenij v chrezvychajnyh situacijah // Avtomatizirovannaya informacionno-upravlyayushchaya sistema Edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: vchera, segodnya, zavtra. M.: ZAO FID «Delovoj ekspress», 2011.

6. Ageev S.V., Izmailov V.A. Sovremennye tendencii razvitiya avtomatizirovannoj informacionno-upravlyayushchej sistemy RSCHS // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2016. T. 13. № 3 (49). S. 40–43.

7. Yurkin M.A., Latyshenko K.P., Semenov E.S. Preduprezhdenie chrezvychajnyh situacij s primeneniem sovremennyh informacionnyh tekhnologij // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2019. № 1 (40). S. 40–45.

8. Tiamiju O.A. Issledovanie mekhanizma doverennoj marshrutizacii v global'nyh telekommunikacionnyh setyah: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2015. 132 s.

9. Yurkin M.A. Preduprezhdenie chrezvychajnyh situacij s primeneniem sovremennyh informacionnyh tekhnologij // Informacionnye tekhnologii v sfere RSCHS

i GO: sb. trudov sekcii № 13 HKHIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». 2019. S. 54–58.

10. Drozdov A.P., Peskov R.I. Problemy informacionnogo obespecheniya v edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij // Human Progress. 2017. T. 3. № 3. S. 7.

11. Osnovnye napravleniya razvitiya informacionnogo obespecheniya avtomatizirovannoj informacionno-upravlyayushchej sistemy (AIUS) edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij (RSCHS) / S.A. Kachanov [i dr.] // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2015. T. 12. № 2 (44). S. 8–12.

УДК 001.891.572

АРХИТЕКТУРНЫЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОЙ И ИНТЕГРИРОВАННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ

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

О.В. Ложкина, доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Ю. Ярошенко.

Департамент информационных технологий и связи МЧС России

Рассматривается противоречие, возникающее при построении комплексных и интегрированных систем безопасности и заключающееся в необходимости одновременного учета, как целей их подсистем, так и задач их модулей. Сравняются цель-, задача- и протокол-ориентированные подходы к моделированию архитектур таких систем с обоснованием внутренних конфликтов, получаемых в результате. Для каждого из подходов приводится гипотетический пример получаемой архитектуры безопасности абстрактной информационной системы, а также ее графическая иллюстрация.

Ключевые слова: информационная система, подсистема, модуль, комплексная безопасность, интегрированная безопасность, архитектурная модель, сравнительный анализ

ARCHITECTURE MODELS OF INFORMATION SYSTEMS COMPLEX AND INTEGRATED SAFETY: COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES

M.V. Buinevich; O.V. Lozhkina.

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

A.Yu. Yaroshenko.

Department of information technologies and communications of EMERCOM of Russia

A contradiction arising in the construction of complex and integrated safety systems and consisting in the need to simultaneously take into account both the goals of their subsystems and the tasks of their modules is considered. The purpose-oriented, task-oriented, and protocol-oriented approaches of such modeling with the substantiation of internal conflicts resulting from are compared. For each of the approaches, a hypothetical example and a graphical illustration of the resulting information system's safety architecture are given.

Keywords: information system, subsystem, module, complex safety, integrated safety, architecture model, comparative analysis

Стремительное развитие масштабов информационных процессов и направлений деятельности информационных систем привело к необходимости создания в современных организациях систем безопасности, противодействующих целому множеству качественно разных угроз [1]. Исходя из архитектурной сложности таких систем, они стали компоноваться (сначала комплексироваться [2–6], а затем и интегрироваться [7–11]) из подсистем, предназначенных для достижения собственных целей, которые при этом

обязаны работать совместно. Например, подсистема контроля управления доступом обязана обеспечить проход на территорию и вход/выход в помещения организации только авторизованных сотрудников (физический доступ), подсистема сетевой безопасности – конфиденциальность, целостность и доступность информационных ресурсов организации [12], а подсистема пожарной сигнализации, аварийного пожаротушения и эвакуации – следует из названия. Однако, поскольку все подсистемы обязаны работать на базе существующей инфраструктуры [13, 14], то достижение ими собственных целей возможно лишь путем организации работы отдельных модулей – элементов инфраструктуры, решающей определенные задачи. Например, турникет производит удаление искусственной преграды на проход при считывании корректной RF-карты, устройство пожаротушения включает орошение при срабатывании температурного датчика, маршрутизатор блокирует сетевой порт при обнаружении аномальных сетевых пакетов (детектированных как атакующие). И именно в необходимости учета при построении систем безопасности как целей подсистем, так и задач модулей, кроется одно из важнейших противоречий предметной области – с одной стороны, подсистемы стремятся использовать модули в интересах только собственных целей, а, с другой стороны, общие модули выполняют задачи, которые могут не совпадать с требуемыми подсистемам [15–18]. Например, при возникновении возгорания подсистема пожарной сигнализации, аварийного пожаротушения и эвакуации должна открыть турникеты на выход (для спасения людей), а подсистема контроля управления доступом будет препятствовать такой работе турникета, поскольку обязана не допустить неавторизованный проход. Аналогичная ситуация возможна и с подсистемой сетевой безопасности, сервера которой могут быть выведены из строя при пожаротушении (хотя она и могла бы успеть реплицировать хранящиеся данные или, по крайней мере, корректно отключить сервера). Далее в статье будут проанализированы подходы, применяемые на текущий момент, а также предлагаемые к применению, для построения моделей архитектур систем безопасности [19, 20] с целью проверки того, насколько они позволяют смягчить указанное противоречие.

Подходы к построению комплексных и интегрированных систем безопасности в организации

Не вдаваясь в терминологические детали определения понятий цель и задача, будем использовать следующие, достаточно хорошо отражающие суть подсистем и модулей некой абстрактной системы. Под целью будем понимать некое состояние, которое должно быть достигнуто – достаточно понятным ее представлением может быть некоторая точка в пространственно-временном континууме (для упрощения, на плоскости), которая означает достижения требуемого состояния. Под задачей будем понимать определенные изменения состояния, которые, очевидно, должны стремиться достичь цели – может представляться как вектор из текущей точки-состояния в следующую. Такая графическая интерпретация понятий приведена на рис. 1 а.

Согласно примеру интерпретации (рис. 1 а) из начального состояния выполняются последовательно задачи 1, 2 и 3, что приводит к достижению цели. Также выполнение задачи 4 после задачи 1 приведет к состоянию (пунктирный круг), которое отличается от требуемой цели. Вся сложность согласования целей и задач (хорошо представима графически) как раз и заключается в том, что не всегда возможно подобрать последовательность векторов-задач, чтобы добраться до точки-цели. Применительно же к системам безопасности цель отождествляется с подсистемой, а задача – с модулем инфраструктуры защищаемой информационной системы организации; начальное состояние означает полное отсутствие защиты («0»-защищенность) и может быть перенесено в точку начала условных координат.

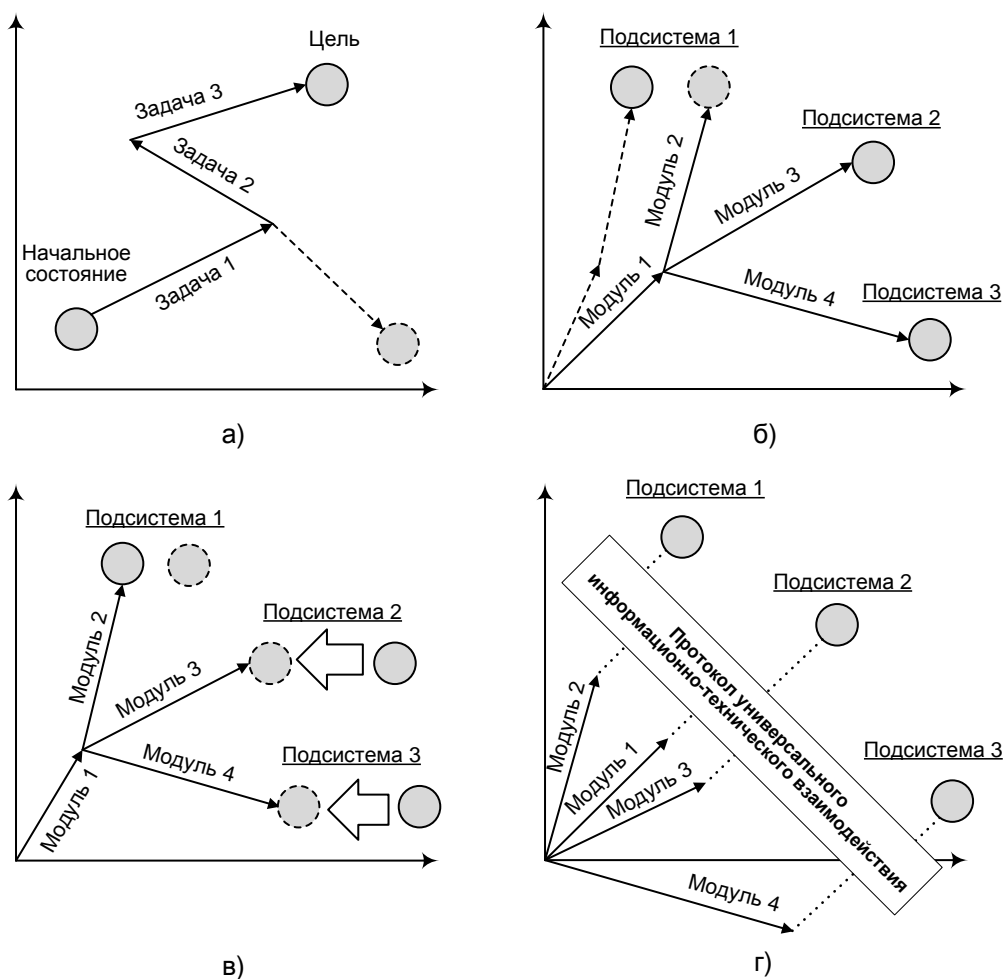


Рис. 1. Графическая интерпретация:

а) понятий цели и задачи; б–г) примеров построения архитектурных моделей – цель-ориентированной (б), задача-ориентированной (в), протокол-ориентированной (г)

Для хоть какого-либо смягчения противоречия применяется два достаточно «полярных» подхода к построению архитектуры комплексно/интегрированной системы безопасности в организации (как совокупности ее подсистем и их взаимодействий через модули), логично следующие из указанного выше противоречия: 1) изначальное проектирование подсистем с последующей доработкой модулей, стремясь максимально учесть цель каждой подсистемы; 2) взятие за основу задач, выполняемых модулями, с построением на их базе подсистем, цели которых (определяемые уже компоновкой самих модулей) оказались бы максимально близки к изначальным требуемым. Очевидно, что каждый из подходов обладает существенными недостатками. Альтернативным же подходом может быть научно-обоснованное деление системы безопасности организации – на подсистемы, а инфраструктуры организации – на модули. Для совместной работы этих стратифицированных элементов архитектуры возможно использование протокола универсального информационно-технического взаимодействия, который бы как раз и согласовывал как цели, так и задачи; естественно, сами модули также должны его поддерживать.

Рассмотрим все три подхода к построению (моделированию) комплексных и интегрированных систем безопасности и порождаемые ими архитектуры более детально.

Цель-ориентированная архитектурная модель

Одним из существующих подходов к построению архитектуры системы безопасности является цель-ориентированный, то есть основанный на изначальном делении на подсистемы с определенными целями, которые достигаются посредством задач, решаемых модулями существующей инфраструктуры организации. Достижению же целей с помощью задач, решаемых модулями инфраструктуры организации, отводится вторичная роль. Как следствие, не всегда возможным оказывается построение траектории достижения нескольких целей с помощью одних и тех же модулей. Согласно предложенной графической интерпретации такая ситуация может быть отображена следующим образом (рис. 1 б).

Согласно рис. 1 б система безопасности состоит из трех подсистем и четырех модулей. При этом задачи, решаемые модулями 1, 3 и 4, позволяют подсистемам 2 и 3 достигать собственных целей. Однако цель, достигаемая с помощью этих модулей (круг, изображенный пунктирной линией), отличается от цели подсистемы 1. Модификация же модуля 1 для изменения решаемой им задачи (пунктирная стрелка из точки 0) хотя и позволит достичь цели подсистемы 1, но в этом случае не будут достигнуты цели остальных подсистем (не отображено по причине визуальной перегрузки рисунка).

Приведем пример такой системы безопасности. Пусть подсистемой 1 является подсистема пожарной сигнализации, аварийного пожаротушения и эвакуации, подсистемой 2 – подсистема контроля управления доступом, а подсистемой 3 – подсистема сетевой безопасности; их цели были описаны ранее. Также модули выполняют следующие задачи: модуль 1 – сравнивает данные с RF-карты посетителя и его учетной записи, модуль 2 – разблокирует проход через турникет сотруднику для эвакуации в случае пожара (дополнительным функционалом может быть отслеживание количества покинувших территорию сотрудников), модуль 3 – открывает искусственную преграду при совпадении данных RF-карты с учетной записью пользователя, модуль 4 – ставит отметку (например, в виде булевского флага) о прохождении сотрудника через турникет (например, для контроля за доступом к информационным ресурсам). Проблема данной архитектурной модели заключается в том, что подсистема 1 должна обеспечивать проход только на выход (предположим, что для внешних пожарных бригаад организован отдельный подъезд), однако из-за особенностей модуля 1 проход будет работать и на вход – сотрудники могут попасть на территорию, опасную для жизни и, следовательно, процесс эвакуации не будет корректно организован. Модификация же модуля 1 для детектирования лишь проходящих в одном направлении сотрудников (для обеспечения эвакуации, очевидно, только на выход) приведет к недостижению своих целей подсистемами 2 и 3. Таким образом, какая бы модификация модуля 1 не производилась, достижение всеми подсистемами своих целей будет невозможно.

Естественно, пример является сильно упрощенным, поскольку в реальных информационных системах организаций цели могут состоять из подцелей, а модули – из подмодулей, и связь их будет существенно многочисленнее и сложнее. Тем не менее пример демонстрирует основной принцип и коллизионную сущность цель-ориентированного подхода.

Задача-ориентированная архитектурная модель

Вторым из существующих подходов к построению архитектуры системы безопасности является задача-ориентированный, то есть основанный на изначальном создании модулей (слабо модифицируемых), которые решают четко поставленные задачи. Затем из этих модулей формируются подсистемы, которые, как следствие, могут достигать целей, отличных от рациональных. Такая ситуация отображается следующим образом (рис. 1 в).

Аналогично примеру для цель-ориентированной архитектуры данная система безопасности (рис. 1 в) состоит из таких же подсистем и модулей. Однако из-за того, что

цели подсистем определяются, исходя их задач используемых модулей, лишь подсистема 1 функционирует рационально (решает predetermined для нее цель) – путем формирования ее функционала из модуля 1 и модуля 2. Подсистемы же 2 и 3, хотя и построены на модулях 3 и 4, следующих за модулем 1, однако их цели можно считать нерациональными (это указано широкими стрелками).

В качестве примера такой системы безопасности приведем следующий. Предположим, что все подсистемы, а также модули 2, 3 и 4 – такие же, как и в цель-ориентированном примере. Однако модуль 1 соответствует аналогичному модулю, но модифицированному – детектирующему лишь проходящих в одном направлении сотрудников. В этом случае подсистема пожарной сигнализации, пожаротушения и эвакуации (номер 1) будет выполнять свой функционал полностью – обеспечивая эвакуацию только на выход с территории организации. Однако работа остальных подсистем может считаться иррациональной: подсистема контроля управления доступом (номер 2) будет обеспечивать проход только в одну сторону (на выход или вход), а подсистема сетевой безопасности (номер 3) будет ставить две отметки о пересечении сотрудником периметра организации, что только усложнит логику контроля его физического доступа к носителям информационных ресурсов (напомним, что для цель-ориентированного подхода отметка была только одна). Естественно, из однонаправленных турникетов возможно построение полноценных проходных пунктов – ставя их парой в противоположных направлениях; но именно это и будет говорить об иррациональности архитектурного решения на базе задача-ориентированной модели.

Протокол-ориентированная архитектурная модель

В качестве альтернативы цель- и задача-ориентированным архитектурам рассмотрим подход, развиваемый в своих работах В.В. Покусовым [21, 22] и основанный на следующих предпосылках. Во-первых, каждая подсистема должна создаваться, исходя из predetermined для нее целей (то есть рациональных), несмотря на модули, определяемые инфраструктурой организации. Во-вторых, модули должны создаваться из особенностей функционирования информационной системы организации, являясь максимально предрасположенными для решения собственных задач. И, в-третьих, для согласования цель-ориентированных подсистем и задача-ориентированных модулей должен быть разработан и внедрен протокол универсального информационно-технического взаимодействия, являющийся тем самым звеном, сглаживающим или нейтрализующим возникающие конфликты. Такая ситуация применения протокол-ориентированного подхода схематично показана на рис. 1 г.

Применение такого протокола гипотетически позволяет без модификации модулей (кроме, естественно, их адаптации для работы с протоколом) обеспечивать подсистемам рациональное достижение их целей (рис. 1 г).

Опишем пример применения такого подхода к построению архитектурной модели комплексной или интегрированной безопасности информационной системы, используя подсистемы и модули, аналогичные предыдущим. В этом случае проблемная ситуация работы подсистемы пожарной сигнализации, аварийного пожаротушения и эвакуации по обеспечению эвакуации сотрудников на выход (не затрагивая при этом достижение целей остальными подсистемами) разрешается следующим образом. Поскольку взаимодействие всех модулей происходит по универсальному протоколу, то и информационные объекты, с помощью которых они «разговаривают», будут одинаковыми (или по крайней мере, обобщенными). Тогда, как только модуль 1 пошлет сигнал (то есть некоторый информационный объект протокола) о прочитанной RF-карте модулю 2, последний проверит факт эвакуации и пошлет сигнал об открытии прохода на выход в модуль 3, на который тот должен отреагировать (что является вышеупомянутой модификацией модуля для поддержки протокола); как результат, модуль 3 будет задействован при работе подсистемы 1 и 2,

избежав при этом конфликтов при достижении целей. При попытке прохода сотрудника на территорию организации при отсутствии пожара (штатная ситуация), модуль 1 аналогичным образом отправит сигнал о данных RF-карты, но уже сразу в модуль 3, что приведет к открытию им полного или выборочного направления для прохода – также, из-за необходимости поддержки универсального протокола. Ситуация с подсистемой 3 будет аналогичной – сигналы от модуля 1 будут поступать в модуль 4, устанавливая отметку о физическом нахождении сотрудника на территории организации. Таким образом, все подсистемы будут работать на одних и тех же модулях, а их цели окажутся соответствующими predetermined.

Необходимо отметить, что полного отсутствия модификации модулей избежать не удастся – так, модуль 3 приобрел функционал по выбору направления для пропуска сотрудников. Тем не менее общий объем и сложность модификации для реальных комплексных и интегрированных систем безопасности будет на порядок ниже, чем аналогичная работа для первых двух подходов – именно за счет универсализации объектов и логики информационного обмена.

Анализ подходов (цель- и задача-ориентированных), применяемых для построения моделей современных архитектур комплексных и интегрированных систем безопасности, показал, что ни одна из них не может полностью разрешить противоречие предметной области, а его смягчение приводит к несогласованности целей и задач. В то же время новаторский подход на основе протокола универсального информационно-технического взаимодействия [21, 22], хотя и является качественно другим, требующим в разы большего применения научной базы и прогнозного моделирования (ввиду отсутствия Best Practice), гипотетически позволит, если не полностью разрешить противоречие, то сделать его несущественным. С учетом вышеизложенного, этот подход, по мнению авторов, может оказаться более востребованным при проектировании архитектурных моделей комплексной и интегрированной безопасности информационных систем организаций.

Продолжением исследований должна стать детализация предлагаемого подхода в части используемого для его применения методологического аппарата доказательства работоспособности и оценки эффективности, включая визуальный анализ [23, 24].

Литература

1. Дулясова М.В., Маркин В.В. Проектное моделирование комплексно-интегрированной системы безопасности вуза // Интеграция образования. 2017. Т. 21. № 1. С. 112–123. DOI:10.15507/1991-9468.086.021.201701.112-123.
2. Лесь А.Н. Система-112 как часть комплексной системы обеспечения безопасности региона (субъекта) // Проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности муниципальных образований: пути решения: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. М., 2013. С. 178–183.
3. Торикова Е.Ф., Ториков А.В., Кобзарева И.И. Комплексная безопасность образовательной организации // Образование и педагогика: современные тренды. Чебоксары: ООО «Изд. дом «Среда», 2020. С. 38–49. DOI: 10.31483/r-75856.
4. Пашкевич Н.А., Расцепкина Е.А. Роль систем раннего обнаружения возгорания, а также комплексных систем безопасности на опасных производственных объектах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. С. 59–63.
5. Ходжаев А.С., Грицаев М.В. Концепция комплексной системы безопасности муниципальной системы образования // Педагогическое мастерство и педагогические технологии. 2015. № 2 (4). С. 71–76.
6. Перовщиков В.А. Разработка технических требований к системе контроля и управления доступом как части комплексной системы обеспечения безопасности // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Воронеж, 2015. С. 340–342. DOI: 10.12737/15050.

7. Богданов А.В., Малыгин И.Г. Технология обеспечения информационной безопасности крупных музейных и выставочных комплексов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер.: «Информатика. Телекоммуникации. Управление». 2015. № 6 (234). С. 14–24. DOI: 10.5862/JCSTCS.234.2.

8. Особенности проектирования автоматизированного дистанционного охранного комплекса / А.М. Пашаев [и др.] // Вопросы безопасности. 2018. № 1. С. 32–51.

9. Гаврилов А.С. Применение интегрированных систем безопасности в учреждениях УИС // Ведомости уголовно-исполнительной системы. 2016. № 11 (174). С. 40–42.

10. Система контроля и управления доступом в интегрированных системах безопасности / С.В. Белокуров [и др.] // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 31–33.

11. Организация взаимодействия подсистем в интегрированных системах безопасности / А.В. Тельный [и др.] // Проблемы современной науки и образования. 2017. № 5 (87). С. 21–25.

12. Ярошенко А.Ю. Системный подход к внедрению и настройке межсетевых экранов в государственных информационных системах // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. науч. статей V Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конф. 2016. С. 551–554.

13. Моделирование процесса обеспечения безопасности информации в подразделениях МЧС России / В.И. Антюхов [и др.] // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2015. С. 71.

14. Информационная потребность должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России / В.И. Антюхов [и др.] // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2015. С. 70–71.

15. Покусов В.В. Синергетические эффекты взаимодействия модулей системы обеспечения информационной безопасности // Информатизация и связь. 2018. № 3. С. 61–67.

16. Покусов В.В. Особенности взаимодействия служб обеспечения функционирования информационной системы // Информатизация и связь. 2018. № 5. С. 51–56.

17. Буйневич М.В., Покусов В.В., Израйлов 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. 48–55.

18. Израйлов К.Е., Покусов В.В. Актуальные вопросы взаимодействия элементов комплексных систем защиты информации // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: сб. науч. статей; в 4-х т. / под ред. С.В. Бачевского. СПбГУТ, 2017. С. 255–260.

19. 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.

20. 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.

21. Покусов В.В. Формат протокола универсального информационно-технического взаимодействия в системе обеспечения информационной безопасности «УИТВ-СОИБ» // Телекоммуникации. 2019. № 9. С. 33–40.

22. Покусов В.В. Библиотека протокола универсального информационно-технического взаимодействия в системе обеспечения информационной безопасности:

свидетельство о регистрации объекта авторского права (программы для ЭВМ). Каз. рег. № 1990 от 26 февр. 2019 г.

23. Ярошенко А.Ю., Буйневич М.В. Обоснование потребности в методике оценки качества и эффективности комплексной организационно-технической системы обеспечения безопасности информации в МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 57–62.

24. Буйневич М.В., Покусов В.В., Израйлов К.Е. Способ визуализации модулей системы обеспечения информационной безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 81–91.

References

1. Dulyasova M.V., Markin V.V. Proektnoe modelirovanie kompleksno-integrirovannoj sistemy bezopasnosti vuza // Integraciya obrazovaniya. 2017. T. 21. № 1. S. 112–123. DOI:10.15507/1991-9468.086.021.201701.112-123.

2. Les' A.N. Sistema-112 kak chast' kompleksnoj sistemy obespecheniya bezopasnosti regiona (sub"ekta) // Problemy obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti municipal'nyh obrazovaniy: puti resheniya: materialy XVIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po problemam zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij. M., 2013. S. 178–183.

3. Torikova E.F., Torikov A.V., Kobzareva I.I. Kompleksnaya bezopasnost' obrazovatel'noj organizacii // Obrazovanie i pedagogika: sovremennye trendy. Сheboksary: ООО «Izd. dom «Sreda», 2020. S. 38–49. DOI: 10.31483/r-75856.

4. Pashkevich N.A., Rasshchepkina E.A. Rol' sistem rannego obnaruzheniya vozgoraniya, a takzhe kompleksnyh sistem bezopasnosti na opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2012. S. 59–63.

5. Hodzhaev A.S., Gricaev M.V. Koncepciya kompleksnoj sistemy bezopasnosti municipal'noj sistemy obrazovaniya // Pedagogicheskoe masterstvo i pedagogicheskie tekhnologii. 2015. № 2 (4). S. 71–76.

6. Perevoshchikov V.A. Razrabotka tekhnicheskikh trebovanij k sisteme kontrolya i upravleniya dostupom kak chasti kompleksnoj sistemy obespecheniya bezopasnosti // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. Voronezh, 2015. S. 340–342. DOI: 10.12737/15050.

7. Bogdanov A.V., Malygin I.G. Tekhnologiya obespecheniya informacionnoj bezopasnosti krupnyh muzejnyh i vystavochnykh kompleksov // Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser.: «Informatika. Telekommunikacii. Upravlenie». 2015. № 6 (234). S. 14–24. DOI: 10.5862/JCSTCS.234.2.

8. Osobennosti proektirovaniya avtomatizirovannogo distancionnogo ohrannogo kompleksa / A.M. Pashaev [i dr.] // Voprosy bezopasnosti. 2018. № 1. S. 32–51.

9. Gavrilov A.S. Primenenie integrirovannyh sistem bezopasnosti v uchrezhdeniyah UIS // Vedomosti ugovolno-ispolnitel'noj sistemy. 2016. № 11 (174). S. 40–42.

10. Sistema kontrolya i upravleniya dostupom v integrirovannyh sistemah bezopasnosti / S.V. Belokurov [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. 2013. № 1 (4). S. 31–33.

11. Organizaciya vzaimodejstviya podsistem v integrirovannyh sistemah bezopasnosti / A.V. Tel'nyj [i dr.] // Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya. 2017. № 5 (87). S. 21–25.

12. Yaroshenko A.Yu. Sistemnyj podhod k vnedreniyu i nastrojke mezhsetevykh ekranov v gosudarstvennyh informacionnyh sistemah // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: sb. nauch. statej V Mezhdunar. nauch.-tekhn. i nauch.-metod. konf. 2016. S. 551–554.

13. Modelirovanie processa obespecheniya bezopasnosti informacii v podrazdeleniyah MCHS Rossii / V.I. Antyuhov [i dr.] // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Obespechenie bezopasnosti pri chrezvychajnyh situacijah: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb., 2015. S. 71.

14. Informacionnaya potrebnost' dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situatsiyah (CUKS) MCHS Rossii / V.I. Antyuhov [i dr.] // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Obespechenie bezopasnosti pri chrezvychajnyh situatsiyah: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb., 2015. S. 70–71.

15. Pokusov V.V. Sinergeticheskie efekty vzaimodejstviya modulej sistemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 3. S. 61–67.

16. Pokusov V.V. Osobennosti vzaimodejstviya sluzhb obespecheniya funkcionirovaniya informacionnoj sistemy // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 5. S. 51–56.

17. Bujnevich M.V., Pokusov V.V., Izrailov K.E. Efekty 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. 48–55.

18. Izrailov K.E., Pokusov V.V. Aktual'nye voprosy vzaimodejstviya elementov kompleksnyh sistem zashchity informacii // Aktual'nye problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii: sbornik nauchnyh statej; v 4-h t. / pod red. S.V. Bachevskogo. SPbGUT, 2017. S. 255–260.

19. 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.

20. 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.

21. Pokusov V.V. Format protokola universal'nogo informacionno-tekhnicheskogo vzaimodejstviya v sisteme obespecheniya informacionnoj bezopasnosti «UITV-SOIB» // Telekomunikacii. 2019. № 9. S. 33–40.

22. Pokusov V.V. Biblioteka protokola universal'nogo informacionno-tekhnicheskogo vzaimodejstviya v sisteme obespecheniya informacionnoj bezopasnosti: svidetel'stvo o registracii ob"ekta avtorskogo prava (programmy dlya EVM). Kaz. reg. № 1990 ot 26 fevr. 2019 g.

23. Yaroshenko A.Yu., Bujnevich M.V. Obosnovanie potrebnosti v metodike ocenki kachestva i effektivnosti kompleksnoj organizacionno-tekhnicheskoj sistemy obespecheniya bezopasnosti informacii v MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 4. S. 57–62.

24. Bujnevich M.V., Pokusov V.V., Izrailov K.E. Sposob vizualizacii modulej sistemy obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 81–91.

УДК 519.816

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

О.А. Тиамийу, кандидат технических наук.

Государственный университет г. Илорина, Нигерия

Приведены результаты реализации в виде программы для ЭВМ метода поддержки принятия решений – метода системных матриц. Программа позволяет рассчитывать значения семи критериев оптимальности решений и представлять результаты расчета в наглядном графическом виде.

Ключевые слова: принятие решений, стихийные бедствия, метод системных матриц, компьютерная программа

DECISION-MAKING UNDER LIQUIDATION THE RESULT OF NATURAL DISASTER

A.Yu. Labinskiy; A.K. Chernyh.

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

O.A. Tiamiyu. Ilorin state university, Nigeria

This article presents the special feature of employment the analytical process. The special feature of using a algorithm and computer program of the method system matrix.

Keywords: decision-making process, natural disasters, method system matrix, computer program

Стихийное бедствие характеризуется неопределенностью основных параметров (природная неопределенность). Решение о принятии мер, направленных на ликвидацию последствий стихийного бедствия, приходится принимать в условиях отсутствия достоверных сведений о состоянии параметров стихийного бедствия. Совокупность методов принятия решений в условиях неопределенности получила название метода системных матриц [1–10].

В соответствии с методом системных матриц в условиях природной неопределенности выработка решения начинается с анализа результатов предполагаемого решения при различных вариантах условий обстановки (видах стихийных бедствий: землетрясение, наводнение, пандемия, ураган и т.п., и их параметрах). В качестве параметров указанных стихийных бедствий могут быть следующие величины: землетрясение – процент разрушенных домов (например, от 20 % до 70 %); наводнение – уровень подъема воды (от 3 м до 10 м); пандемия – уровень смертности (от 5 % до 30 %); ураган – скорость ветра (от 25 м/сек. до 50 м/сек.).

Каждое предполагаемое решение (эвакуация населения; подвоз медикаментов и строительных материалов; проведение мероприятий, направленных на снижение ущерба от стихийного бедствия, и т.п.) сопоставляется с каждым вариантом обстановки и определяется значение эффективности этого решения в данных условиях.

Следовательно, задачу принятия решения в условиях природной неопределенности можно сформулировать следующим образом [1]:

1. Известны исходные величины, которые можно представить в виде матрицы эффективности:

- перечень предполагаемых решений X_i , $i=1, 2, \dots, N$;
- перечень возможных вариантов условий обстановки Y_j , $j=1, 2, \dots, M$;
- значения эффективности E_{ij} для каждого i -го решения и j -го варианта условий обстановки.

2. Нужно выбрать оптимальное решение по ликвидации последствий стихийного бедствия:

- сформировать матрицу эффективности, элементами которой являются значения эффективности E_{ij} ;
- упорядочить решения путем выполнения операций определения следующих значений: среднего, минимального, максимального, усредненного и т.п.;
- сформировать системную матрицу, элементами которой являются упорядоченные значения;
- выбрать оптимальный вариант предполагаемого решения на основе матрицы эффективности, системной матрицы и критериев оптимальности.

Пример матрицы эффективности для такого стихийного бедствия, как наводнение, представлен на рис. 1.

Матрица эффективности (МЭ)				
Условия обстановки				
	Y1	Y2	Y3	Y4
X1	10	14	20	50
X2	16	25	42	30
X3	12	40	35	48
Max	16	40	42	50

Рис. 1. Матрица эффективности при наводнении

В нижней строке матрицы представлены максимальные значения по каждому условию обстановки Y_j (по каждому столбцу матрицы).

Значения эффективности предполагаемого решения могут быть определены следующим образом. В качестве примера рассмотрим такое стихийное бедствие, как пандемию. Для снижения уровня смертности от заболевания могут быть приняты следующие решения:

- самоизоляция населения (X_1);
- использование средств индивидуальной защиты (X_2);
- ограничения массовых мероприятий (X_3);
- вакцинация населения (X_4).

Возможные значения вариантов условий обстановки:

- уровень смертности $Y_1=5\%$;
- уровень смертности $Y_2=10\%$;
- уровень смертности $Y_3=15\%$;
- уровень смертности $Y_4=20\%$.

Эффективность каждого решения в процентах (E_{ij}) может быть найдена путем определения величины, обратной числу умерших за определенный период, отнесенной

к определенной доле численности населения (на 1 тыс., на 10 тыс., на 100 тыс. человек и т.п.).

Известны семь критериев, позволяющих выбрать оптимальное решение [1]. Это критерии Лапласа, Байеса-Лапласа, Максимакса, Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Гермейера. Некоторые критерии предполагают знание вероятностей состояний обстановки P_j . В этом случае строится модифицированная матрица эффективности, каждое значение которой E_{ij} равно исходному значению, умноженному на вероятность состояний P_j : $E_{ij}=P_j * E_{ij}$.

Пример модифицированной матрицы эффективности при наводнении представлен на рис. 2.

Модифицированная МЭ				
Условия обстановки				
	У1	У2	У3	У4
X1	3	5,6	4	5
X2	4,8	10	8,4	3
X3	3,6	16	7	4,8
P_i	0,300	0,400	0,200	0,100

Рис. 2. Модифицированная матрица эффективности при наводнении

В нижней строке матрицы представлены значения вероятности состояний P_j .

Пример матрицы потерь при наводнении представлен на рис. 3.

Матрица потерь (X - решения)				
Условия обстановки				
	У1	У2	У3	У4
X1	6	26	22	0
X2	0	15	0	20
X3	4	0	7	2

Рис. 3. Матрица потерь

Критерий Сэвиджа предполагает преобразование матрицы эффективности в матрицу потерь, позволяющей находить решение, которое гарантирует минимальное значение максимального ущерба от стихийного бедствия.

В матрице потерь значение каждого элемента матрицы P_{ij} определяется по формуле: $P_{ij}=\text{Max}_i (E_{ij})-E_{ij}$. Для данной матрицы оптимальным является решение X_3 , обеспечивающее минимальный ущерб от стихийного бедствия.

Рассмотрим критерии более подробно.

Критерий Лапласа. Используется в случае отсутствия данных об условиях обстановки. Оптимальным считается решение, которое дает максимальное значение средней эффективности по всем условиям обстановки:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i [(\sum E_{ij})/M],$$

где M – число вариантов условий обстановки.

Критерий Байеса-Лапласа. Предполагает знание вероятностей состояний обстановки P_j . В этом случае строится модифицированная матрица эффективности. Оптимальным считается решение, которое дает максимальное значение эффективности по всем условиям обстановки:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i (\sum E_{ij} P_j).$$

Критерий Максимакса. Оптимальным считается решение, имеющее максимальную эффективность среди всех условий обстановки:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i [\text{Max}_j (E_{ij})].$$

Критерий Вальда. Оптимальным считается решение, имеющее максимальную эффективность среди решений с минимальной эффективностью среди всех условий обстановки:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i [\text{Min}_j (E_{ij})].$$

В результате выбирается решение, ориентированное на средние условия обстановки и не содержащее риска.

Критерий Сэвиджа. Предполагает использование матрицы потерь. Использование данного критерия предполагает минимизацию ущерба от стихийного бедствия. Оптимальным считается решение, имеющее минимальное значение ущерба в матрице потерь:

$$P_{\text{опт}} = \text{Min}_i [\text{Max}_j (P_{ij})].$$

Критерий Гурвица. В критерии используется степень риска $0 \leq R \leq 1$.

Использование данного критерия предполагает учет только наилучших и наихудших с точки зрения эффективности решений условий обстановки.

Оптимальным считается решение, имеющее максимальное значение эффективности:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i [R * \text{Max}_j (E_{ij}) + (1-R) * \text{Min}_j (E_{ij})].$$

Критерий Гермейера. Предполагает знание вероятностей состояний обстановки P_j . В этом случае строится модифицированная матрица эффективности. Оптимальным считается решение, которое дает максимальное значение эффективности по всем условиям обстановки:

$$E_{\text{опт}} = \text{Max}_i (\text{Min}_j E_{ij} P_j).$$

Приведенные выше критерии, построенные по сравнительно простым правилам упорядочения значений эффективности решения, имеют определенные недостатки, для устранения которых были разработаны комбинированные критерии [1].

Компьютерное моделирование метода системных матриц

Реализация метода системных матриц для оценки эффективности решений была выполнена в виде программы, разработанной на языке программирования C# и имеющей интерфейс, представленный на рис. 4.

На рис. 4 представлено главное окно программы. Программа при заданных значениях матрицы эффективности позволяет оценивать эффективность решений по каждому из семи

критериев и представлять результаты расчетов в табличном и графическом виде. Слева представлены матрица эффективности, модифицированная матрица эффективности и матрица потерь.

Справа расположены три вкладки: «Критерии», «Сводка» и «Протокол». На рис. 4 открыта вкладка «Протокол» с выводом протокола расчета.

На вкладке «Критерии» в графическом виде выводятся значения критериев, представленные на рис. 5–7.

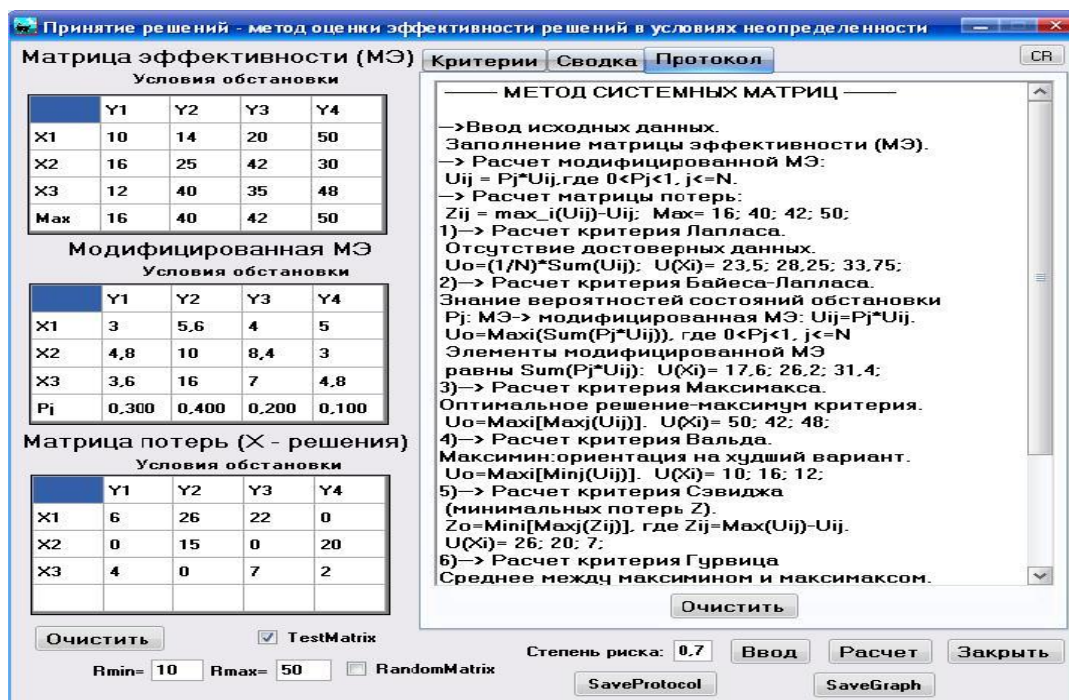


Рис. 4. Интерфейс программы моделирования метода системных матриц

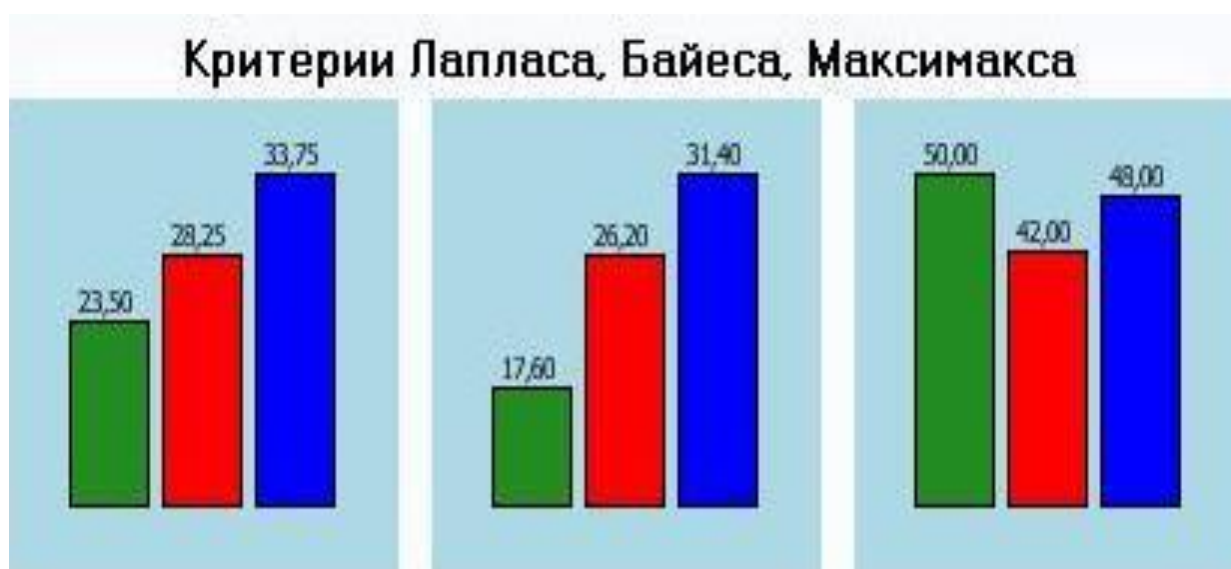


Рис. 5. Критерии Лапласа, Байеса-Лапласа и Максимакса

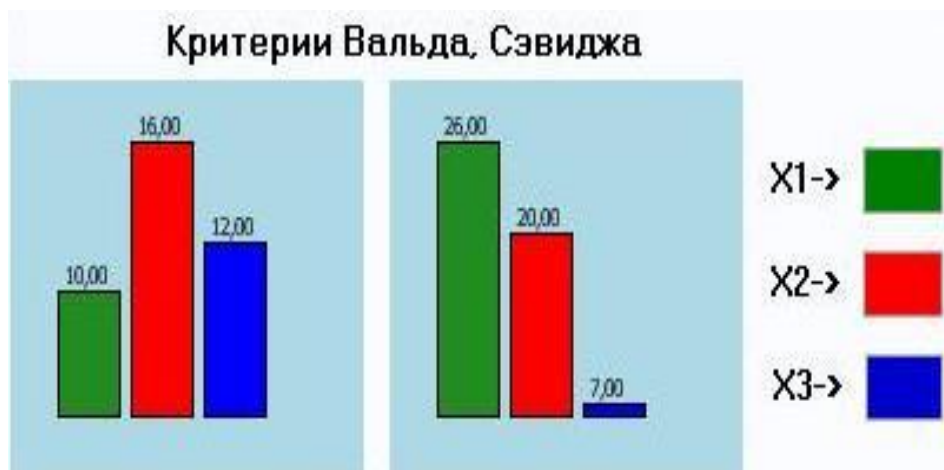


Рис. 6. Критерии Вальда (максимина) и Сэвиджа (минимальных потерь)

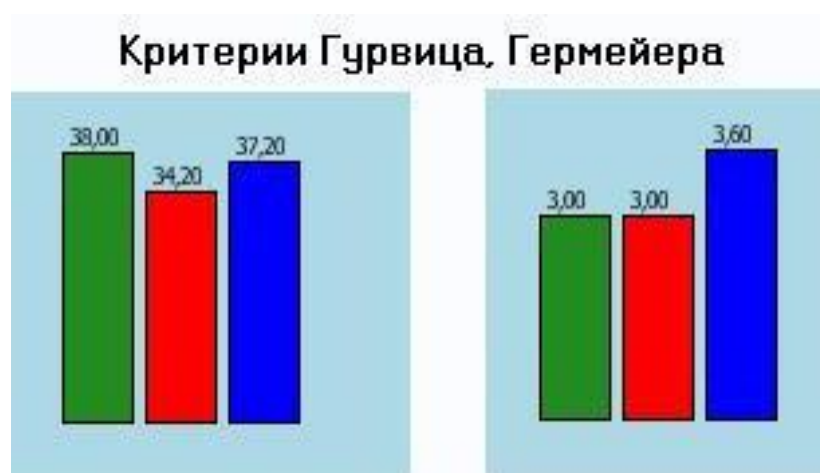


Рис. 7. Критерии Гурвица и Гермейера

На вкладке «Сводка» выводится сводная таблица оценки эффективности решений по всем критериям, представленная на рис. 8.

Критерии	X1	X2	X3
Лапласа	23,5	28,25	33,75
Байеса-Лапласа	17,6	26,2	31,4
Максимакса	50	42	48
Вальда	10	16	12
Сэвиджа	26	20	7
Гурвица $\rightarrow R=0,7$	38	34,2	37,2
Гермейера	3	3	3,6

Рис. 8. Сводная таблица для всех критериев

В сводной таблице зеленым цветом выделены оптимальные значения. Для всех критериев, кроме критерия Сэвиджа, оптимальным считается решение с максимальным значением критерия. Для критерия Сэвиджа оптимальным считается решение с минимальным значением критерия (минимальное значение в матрице потерь).

На вкладке «Протокол» расположено окно, в которое выводится протокол расчета, текст которого представлен ниже:

----- МЕТОД СИСТЕМНЫХ МАТРИЦ -----

-->Ввод исходных данных.

Заполнение матрицы эффективности (МЭ).

--> Расчет модифицированной МЭ: $U_{ij}=P_j*U_{ij}$, где $0<P_j<1$, $j<=N$.

--> Расчет матрицы потерь: $Z_{ij}=\max_i(U_{ij})-U_{ij}$; Max=16; 40; 42; 50;

1)--> Расчет критерия Лапласа. Отсутствие достоверных данных.

$U_0=(1/N)*\sum(U_{ij})$; $U(X_i)=23,5; 28,25; 33,75$;

2)--> Расчет критерия Байеса-Лапласа. Знание вероятностей состояний обстановки. P_j :

МЭ-> модифицированная МЭ: $U_{ij}=P_j*U_{ij}$.

$U_0=\max_i(\sum(P_j*U_{ij}))$, где $0<P_j<1$, $j<=N$

Элементы модифицированной МЭ равны $\sum(P_j*U_{ij})$:

$U(X_i)=17,6; 26,2; 31,4$;

3)--> Расчет критерия Максимакса. Оптимальное решение-максимум критерия.

$U_0=\max_i[\max_j(U_{ij})]$. $U(X_i)= 50; 42; 48$;

4)--> Расчет критерия Вальда. Максимум: ориентация на худший вариант.

$U_0=\max_i[\min_j(U_{ij})]$. $U(X_i)=10; 16; 12$;

5)--> Расчет критерия Сэвиджа (минимальных потерь Z).

$Z_0=\min_i[\max_j(Z_{ij})]$, где $Z_{ij}=\max(U_{ij})-U_{ij}$. $U(X_i)=26; 20; 7$;

6)--> Расчет критерия Гурвица. Среднее между максимумом и максимаксом.

$U_0=\max_i[R*\max_j(U_{ij})+(1-R)*\min_j(U_{ij})]$, где величина риска $0<R<1$. $U(X_i)=38; 34,2; 37,2$;

7)--> Расчет критерия Гермейера. Знание вероятностей состояний обстановки P_j :

МЭ-->модифицированная МЭ: $U_{ij}=P_j*U_{ij}$.

Максимум для модифицированной МЭ:

$U_0=\max_i[\min_j(P_j*U_{ij})]$; $U(X_i)=3; 3; 3,6$;

Метод системных матриц, используемый для оценки эффективности решений в условиях природной неопределенности, реализован в виде компьютерной модели (программы для ЭВМ). Программа позволяет рассчитывать значения семи критериев оптимальности решений и представлять результаты расчета в наглядном графическом виде.

Литература

1. Системный анализ и принятие решений: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
2. Лабинский А.Ю. Информационные технологии как средство поддержки принятия решений // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 24–31.
3. Артамонов В.С., Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Модификация нечеткого метода анализа иерархий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 77–84.
4. Козлов А.А., Лабинский А.Ю. Принятие решений с помощью метода аналитических сетей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 24–32.
5. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: ЛКИ, 2016.
6. Corbin R. Random Utility Models with Equality // Journal of Complexity. 2019. Vol. 1.

7. Saaty T. Analytic Hierarchy Process // *Jornal of Support Software*. 2018. Vol. 3.
8. Saaty T. Experiments on Rank Preservation // *Jornal of Mathematical Psychology*. 2016. Vol. 2.
9. Kahneman D. Analysis of Decision // *Mathematical Science*. 2017. Vol. 1.
10. Tversky A. Decision Structuring // *Econometrica*. 2015. Vol. 4.

References

1. Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij: ucheb. / V.S. Artamonov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017.
2. Labinskij A.Yu. Informacionnye tekhnologii kak sredstvo podderzhki prinyatiya reshenij // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2020. № 2. S. 24–31.
3. Artamonov V.S., Labinskij A.Yu., Utkin O.V. Modifikaciya nechetkogo metoda analiza ierarhij // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2016. № 4. S. 77–84.
4. Kozlov A.A., Labinskij A.Yu. Prinyatie reshenij s pomoshch'yu metoda analiticheskikh setej // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2018. № 4. S. 24–32.
5. Saaty T.L. Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah. Analiticheskie seti. M.: LKI, 2016.
6. Corbin R. Random Utility Models with Equality // *Jornal of Complexity*. 2019. Vol. 1.
7. Saaty T. Analytic Hierarchy Process // *Jornal of Support Software*. 2018. Vol. 3.
8. Saaty T. Experiments on Rank Preservation // *Jornal of Mathematical Psychology*. 2016. Vol. 2.
9. Kahneman D. Analysis of Decision // *Mathematical Science*. 2017. Vol. 1.
10. Tversky A. Decision Structuring // *Econometrica*. 2015. Vol. 4.

УДК 004.05:64.841+004.032.26

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА ГОРЯЩЕГО ТОРФА НА ОГНЕБОРЦА

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

Предложена информационная технология синтеза модели, численно оценивающей санитарно-эпидемиологический риск нарушения здоровья огнеборца от воздействия дымового смога, с машинно-обучаемой моделью цифрового прогноза концентраций оксида углерода при горении торфа. Оригинальная информационная технология протестирована обучающим экспериментом на физической модели распространения смога от локального источника горения торфа в режиме медленного тления.

Ключевые слова: огнеборец, дымовой смог, информационная технология, риск ущерба здоровью, угарный газ, прогноз концентраций, математическая модель

DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY FORECASTING THE IMPACT OF CARBON OXIDE OF BURNING PEAT ON FIREFIGHTER

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

An information technology is proposed for synthesizing a model that numerically estimates the sanitary and epidemiological risk of health damage to a fire fighter from exposure to smoke smog, with a machine-learning model for digital prediction of carbon monoxide concentrations during peat burning. The original information technology was tested by a training experiment on a physical model of the spread of smog from a local source of peat combustion in a slow smoldering mode.

Keywords: firefighter, smoke smog, information technology, risk of damage to health, carbon monoxide, concentration prediction, mathematical model

Интеграция теоретических подходов и процессорных инструментов искусственного интеллекта, основанных на принципах и алгоритмах высокоэффективных нейроморфных вычислений, завоевывает все большее признание и применение в информационных технологиях машинного обучения математических моделей [1–3], а также распознавания природы и строения реальных образов для решения всевозможных прикладных задач в технике [3].

Здоровье и жизнь огнеборца всегда подвергаются опасности при тушении пожаров, особенно затяжных, таких, как горение торфяников, продолжающихся в течение месяца и более (рис. 1 – фото торфяного пожара) [2].

На рис. 1 видно, что, при нахождении огнеборца с подветренной стороны от дымового «гейзера» на него оказывает непрерывное отравляющее воздействие смог угарных газов, в частности, – опаснейший оксид углерода CO.



Рис. 1. Тушение локальных дымовых «гейзеров» на торфяном болоте рядом с федеральной дорогой Р-255 «Сибирь», осень-зима 2015–2016 гг.

В настоящей статье дается обоснование авторской информационной технологии синтеза двух машинно-обучаемых моделей: оценки санитарно-гигиенического риска нарушения здоровья огнеборца от воздействия дымового смога и цифрового прогноза концентраций оксида углерода в шлейфе распространения смога от физического имитатора «гейзера» дымового.

Методология информационного процесса

Для контроля и прогнозирования санитарно-гигиенической опасности для огнеборца воздействия угарного газа дымового смога при тушении торфяника предлагается использовать отечественный информационный подход, основанный на численных оценках параметра относительной опасности для нарушения его здоровья («риск условный») [4, 5].

Следует представлять, что понятие показателя «риск условный» не является тождественным определению индивидуального риска нарушения здоровья огнеборца [6], но имеет преимущество перед ним при экспрессных исследованиях воздействия сильных токсичных веществ в условиях чрезвычайной ситуации, какой является затяжной торфяной пожар, по причине вероятности потери сознания и, если не оказывается своевременная помощь, – летального исхода. В принятой модели информационного процесса оценка опасности здоровью огнеборца устанавливается по эмпирической зависимости «риска условного» и соответствующей ему тяжести ущерба здоровью от концентрации угарного газа в дымовом смоге, изменяющейся в широком диапазоне значений – от смертельно опасной ($H = 1$) до «несущественной пороговой» ($H = 0$), по аналитическому выражению [6]:

$$H_x(Y_x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_0^{P(Y_x)} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right) dx,$$

где Y_x – уровень загрязненности воздушной среды на торфянике угарным газом, мг/м³; $P(Y_x)$ – вероятность ожидаемого риска проявления негативного эффекта нарушения здоровья огнеборца, выраженная в «пробитах» [6], и рассчитываемая по формуле:

$$P(Y_x) = a_x + b_x \cdot \lg(Y_x + C_x),$$

где a_x , b_x , C_x , σ_x – эмпирические параметры, рассчитываемые из условия обеспечения заданных («реперных») значений $H_x(Y_x)$ в контрольных точках.

По результатам выполненных расчетных оценок (действий машинного обучения информационной модели) были определены следующие численные значения параметров: $a_x = -4,605047$; $b_x = 2,21384$; $C_x = 23,0661$; $\sigma_x = 0,85$.

Оригинальная модель дает возможность по критерию индивидуальной условной опасности для здоровья огнеборцев исследовать информацию об уровне загрязненности вдыхаемого воздуха угарным газом от горящего торфа в режиме тления. На рис. 2 в графической форме показана зависимость «риска условного» нарушения здоровья у огнеборцев от химических веществ, содержащихся в дымовом смоге, в условном приведении результирующей опасности к угарному газу CO.

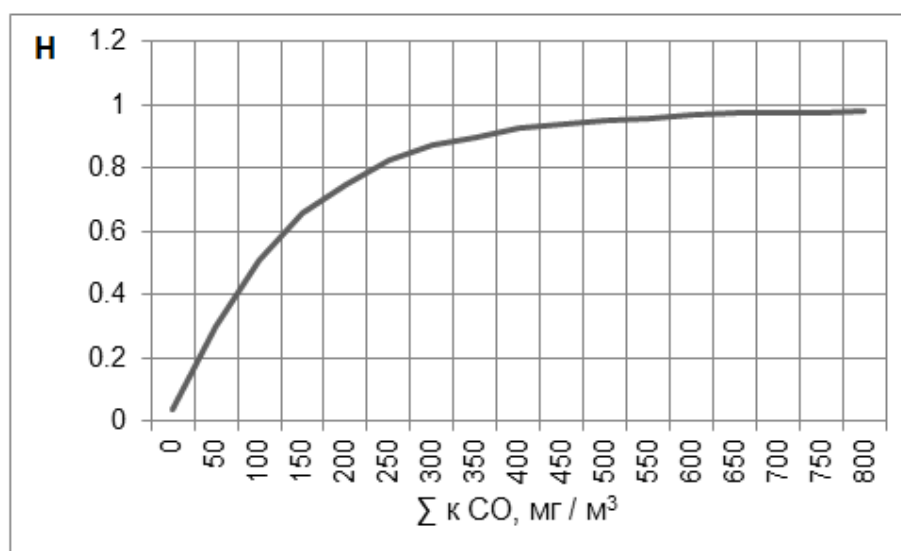


Рис. 2. Зависимость «риска условного» H ущерба здоровью огнеборцев от содержания в воздухе $CO, NO_2, PM_{2.5}, SO_2$ (в эквиваленте к CO)

Модель цифрового прогноза концентраций оксида углерода q в шлейфе распространения смога от «гейзера» дымового, накрывающего огнеборца при тушении торфяного пожара (рис. 1), основана на численном решении дифференциального уравнения, описывающего физический диффузионно-конвективный (турбулентный) процесс переноса CO в стратифицированной атмосфере при допущениях стационарности явления переноса CO (затяжное во времени горение торфа) и реализации нормально неблагоприятных метеорологических условий (ННМУ) – слабая скорость ветра, в направлении которого конвективным (турбулентным) переносом можно пренебречь, и наличии в приземном слое температурной инверсии, как на рис. 1 [2, 5]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} - \alpha q, \quad (1)$$

где u и w – скорости, соответственно, горизонтальной и вертикальной диффузии CO в атмосфере; k_z, k_y – вертикальная и горизонтальные слагаемые коэффициента конвективного (турбулентного) материального обмена; далее допускается, что его вертикальная составляющая при скорости гравитационного оседания w_0 газообразного CO окажется близкой к нулевому значению; α – коэффициент, учитывающий изменчивость концентрации CO в результате его вступления в химические реакции; поскольку в реальных условиях вероятность таких реакций для оксида углерода ничтожно мала, величина α окажется близкой к нулевому значению.

Таким образом, из анализа уравнения (1) можно заключить, что при квазистационарном (установившемся) выбросе смога «гейзером» дымовым изменение в нем

концентрации СО в прилегающей окрестности торфяного болота зависит от турбулентного обмена и скорости ветра.

Для приземного слоя атмосферы допускаем $k_x \approx k_y$, а непосредственно, для подстилающей поверхности $k_x = k_y = 0$. Полевыми экспериментальными и численными изысканиями [2, 5] показано, что значения k_x и k_y в меньшей мере изменяются с высотой, чем значение k_z . Последнее объясняется ростом размера вихрей с высотой. Приняв за k_0 начальное значение коэффициента конвективного обмена, можно записать:

$$k_y = k_0 u. \quad (2)$$

Было установлено [2, 5], что изменчивость u для приземного слоя атмосферы в вертикальном направлении отвечает логарифмическому закону, а для незначительной скорости ветра – степенному закону:

$$u = u_1 z^n, k_z = k_1 z. \quad (3)$$

Допущение зависимостей (2) и (3) в методике [7] позволило упростить процедуру интегрирования уравнения (1) и для подстилающей поверхности ($z=0$) концентрацию в дымовом смоге СО (q) представить соотношением [5]:

$$q = \frac{M}{2(1+n)k_1 \sqrt{\pi k_0 x^3}} e^{-\frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1 x} - \frac{y^2}{4k_0 x}},$$

где M – мощность выброса СО «гейзером» дымовым; H – высота от подземного источника выброса СО до подстилающей поверхности на торфяном болоте; n – эмпирический коэффициент, значение которого определяется по методике [5].

Одними из важнейших условий реализации оригинальной информационной технологии и выражающего ее математического аппарата моделирования процесса получения цифровой информации о концентрации СО в дымовом смоге от «гейзера» и санитарно-гигиеническом риске пребывания в нем огнеборца являются следующие постулаты:

- значение приземной концентрации СО определяется как средняя величина по высоте в зоне расположения органов дыхания человека $z_x = 2$ м;
- моделирование производится путем сравнения расчетных значений содержания СО с величиной предельно допустимого значения максимальной разовой концентрации СО (ПДК_{МР}) с интервалом временного осреднения (времени «экспозиции») в 20 мин.

Машинное обучение информационной модели оценки q на физическом имитаторе дымового «гейзера» торфяного болота

Для проверки работоспособности оригинальной информационной технологии и проверки ее способности к электронно-машинному обучению был поставлен эксперимент на физическом имитаторе реального дымового «гейзера» (рис. 3), в котором болотный торф заменялся топливными торфяными брикетами (рис. 4). Величина пожарной нагрузки физической модели ограничивалась, по понятным причинам, условиями проведения эксперимента на промышленной площадке непосредственно в городской черте Санкт-Петербурга.

Концентрацию оксида углерода СО в шлейфе распространения смога угарных газов от имитатора дымового «гейзера» измеряли прибором (газоанализатором) модели Тесто-330-2ЛЛ (Германия).



Рис. 3. Имитатор дымового «гейзера»



Рис. 4. Топливный торфяной брикет

В эксперименте был применен торф натуральный – спрессованные брикеты в форме цилиндра диаметра 10 см, высоты 17 см (рис. 4). Торф разжигался углем древесным на металлическом листе (рис. 3, 4). Концентрации CO измерялись на высоте, приблизительно, 1,2–1,5 м, непосредственно над очагом горения торфа и на разных удалениях от него, – в условных 13 точках (местах), расположенных на концентрических радиусах в секторе распространения дыма.

Расчет по вышеописанной информационной технологии содержания в воздухе оксида углерода CO с подветренной от имитатора дымового «гейзера» стороны производился, как ранее было отмечено, в долях предельно допустимой максимальной разовой концентрации CO (ПДК_{МР}) с использованием сертифицированной программы «Эколог 4» ООО «Фирма «Интеграл-Софт»» (Санкт-Петербург) для стандартизованных ННМУ по методике [7].

Данные расчетов гармонизировались (машинно-электронным обучением) путем виртуального представления имитационного дымового «гейзера» источником «рецептором» и уточнения мощности выброса им CO как результата решения «обратной» задачи математического моделирования по ранее разработанной авторской методике [7].

На рис. 5 показаны совмещенные данные измерений и расчета содержания в воздухе CO рядом с модельным источником «гейзера» дымового в сторону движения газо-воздушной массы. Следует указать, что программа «Эколог-4» выводит системно-геоинформационную ГИС-картину загрязнения воздуха (рис. 5) в форме изолиний максимальных значений превышения ПДК_{МР}. В этой связи для перевода цифровых значений содержания в смоговом шлейфе CO, указанных на ГИС-картине, в концентрации мг/м³, необходимо эти значения умножить на ПДК_{МР} (ПДК_{МР} по CO имеет значение 5 мг/м³).

В таблице приведены сводные результаты расчета концентраций CO для 13 контрольных (реперных) точек по ранее оговоренному способу. Здесь: КТИ – контрольная точка измерения; C_1, C_2, C_3 – концентрации CO по трем циклам измерений, мг/м³; \bar{C} – среднее арифметическое значение концентрации CO; ΔC – расхождение в абсолютных единицах; $C_{рас-г}$ – концентрация CO по расчету; D – приведенная погрешность расчета относительно измерений; X, Y, Z – координаты КТИ в системе Декарта.

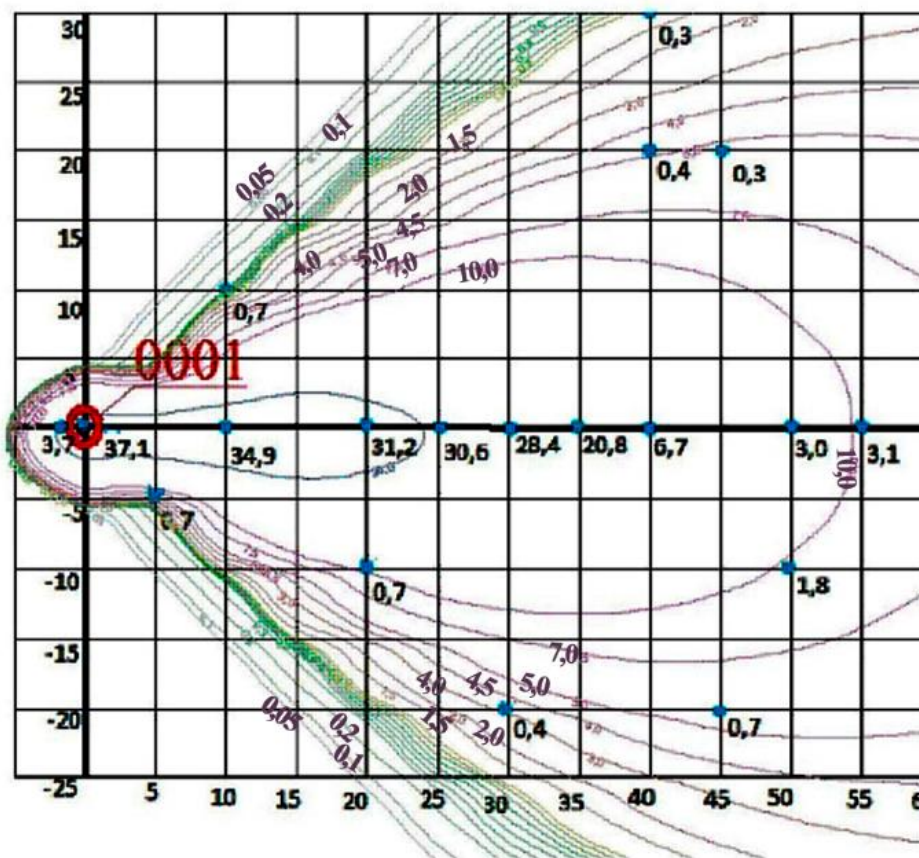


Рис. 5. Данные экспериментальных измерений и расчёта загрязнения воздуха оксидом углерода CO

Таблица. Расхождение между результатами расчета и измерений по CO

КТИ	Координаты			C ₁ , МГ/М ³	C ₂ , МГ/М ³	C ₃ , МГ/М ³	$\bar{C} \pm \Delta C$, МГ/М ³	C _{рас-т} , МГ/М ³	D, %
	КТИ, м								
	X	Y	Z						
2	0	1	1,5	128	129	134	130,33±11,92	142,5	9
1	0	0	1,5	121	123	120	121,33±2,43	134,5	10
3	0	2	1,5	122	121	111	118,10±15,38	122,5	4
4	0	5	1,5	79	75	76	76,83±5,13	84,8	10
5	0	10	1,5	41	45	41	42,65±6,07	39,2	8
6	0	20	1,5	40	43	38	38,33±3,55	27,9	27
7	0	25	1,5	38	36	34	29,33±3,79	20,7	29
8	0	30	1,5	33	37	33	23,00±2,48	15,8	31
9	0	35	1,5	28	27	27	15,67±3,79	12,3	21
10	0	40	1,5	20	20	20	10,67±3,79	8,1	24
11	0	50	1,5	13	13	13	8,67±2,87	6,8	22
12	0	55	1,5	10	10	10	7,00±2,48	5,8	17
13	0	60	1,5	10	9	9	5,33±1,43	4,4	18

Выводы

1. Можно сделать заключение из анализа информации, представленной на рис. 2, 3 и в таблице, предлагаемая информационная технология дает «инструмент» для осуществления контроля (прогнозов) распространения и негативного санитарно-гигиенического воздействия угарного газа СО в окрестности локального «гейзера» дымового горящего, в режиме тления, торфяного болота, с погрешностью, в среднем 10–30 %.

2. Разработанная методология оригинального информационного процесса протестирована на возможность ее применения для исследовательского объекта – физической имитационной модели стационарного источника генерации дымовых газов тлеющего торфа «гейзером» дымовым.

3. В дальнейших научно-прикладных изысканиях рекомендуется разработать расчетно-методический алгоритм для тестирования разработанной информационной методологии, основанной на численных оценках параметра относительной опасности для нарушения здоровья огнеборца (по «риску условному»).

Литература

1. Yao Wu, Jie Guo, Rui Sun & Jie Min. Machine learning for accelerating the discovery of high-performance donor/acceptor pairs in non-fullerene organic solar cells. *npj Comput Mater* 6, 120 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41524-020-00388-2> (дата обращения: 10.02.2021).

2. Vasilyev A., Lozhkin V., Tarkhov D., Lozhkina O. and Timofeev V. Physical and mathematical modeling of pollutant emissions when burning peat. 6thCICMCM, IOP Publishing, IOP Conf // Series: Journal of Physics: Conf. Series 919 (2017) 012001. Doi: 10.1088/1742-6596/919/1/012001.

3. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2.5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.

4. Peng Yao, Huaqiang Wu, Bin Gao, Jianshi Tang, Qingtian Zhang, Wenqiang Zhang, J. Joshua Yang & He Qian. Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network. *Nature* 577, 641–646 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1942-4> (дата обращения: 10.02.2021).

5. Ложкина О.В. Методология прогнозирования и мониторинга чрезвычайного воздействия транспорта на городскую среду и население: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 379 с.

6. Ложкин В.Н., Веттегрень В.И., Ложкина О.В. Надежность технических систем и техногенный риск: учеб. ISBN: 978-620-2-08015-6, LAP LAMBERT Academic Publishing RU GmbH & Co. KG, Germany, 2017. 461 с.

7. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. приказом Минприроды России от 6 июня 2017 г. № 273; зарег. в Минюсте Рос. Федерации 10 авг. 2017 г., рег. № 47734). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 10.02.2021).

8. Ложкин В.Н., Невмержицкий Н.В. О решении обратной задачи моделирования опасного воздействия частиц PM_{2.5} и PM₁₀ в окрестности автомагистрали // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2015. № 2. С. 13–23.

References

1. Yao Wu, Jie Guo, Rui Sun & Jie Min. Machine learning for accelerating the discovery of high-performance donor/acceptor pairs in non-fullerene organic solar cells. *npj Comput Mater* 6, 120 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41524-020-00388-2> (data obrashcheniya: 10.02.2021).

2. Vasilyev A., Lozhkin V., Tarkhov D., Lozhkina O. and Timofeev V. Physical and mathematical modeling of pollutant emissions when burning peat. 6thCICMCM, IOP Publishing, IOP Conf. Series // Journal of Physics: Conf. Series 919 (2017) 012001. Doi: 10.1088/1742-6596/919/1/012001.

3. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2.5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.

4. Peng Yao, Huaqiang Wu, Bin Gao, Jianshi Tang, Qingtian Zhang, Wenqiang Zhang, J. Joshua Yang & He Qian Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network. *Nature* 577, 641–646 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1942-4> (data obrashcheniya: 10.02.2021).

5. Lozhkina O.V. Metodologiya prognozirovaniya i monitoringa chrezvychnogo vozdeystviya transporta na gorodskuyu sredu i naselenie: dis. ... d-ra tekhn. nauk. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. 379 s.

6. Lozhkin V.N., Vettegren' V.I., Lozhkina O.V. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyj risk: ucheb. ISBN: 978-620-2-08015-6, LAP LAMBERT Academic Publishing RU GmbH & Co. KG, Germany, 2017. 461 s.

7. Metody raschetov rasseivaniya vybrosov vrednyh (zagryaznyayushchih) veshchestv v atmosfernom vozduhe (utv. prikazom Minprirody Rossii ot 6 iyunya 2017 g. № 273; zareg. v Minyuste Ros. Federacii 10 avg. 2017 g., reg. № 47734). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (data obrashcheniya: 10.02.2021).

8. Lozhkin V.N., Nevmerzchickij N.V. O reshenii obratnoj zadachi modelirovaniya opasnogo vozdeystviya chastic RM_{2,5} i RM₁₀ v okrestnosti avtomagistrali // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2015. № 2. S. 13–23.

УДК 004.932.2, 681.516.7.015.2

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ И АМПЛИТУДНЫМ СВОЙСТВАМ

И.Г. Малыгин, доктор технических наук, профессор;

О.А. Королев.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук

Актуальность задачи передачи изображений о чрезвычайных ситуациях, поступающих с многочисленных камер наблюдения, становится всё острее с ростом потребности в оперативном обнаружении и доставке высококачественной видеoinформации в органы управления МЧС России. Для решения этой задачи необходимо в первую очередь осуществить анализ статистических и амплитудных характеристик больших объемов визуальных данных. Такой анализ необходим для классификации часто встречающихся сюжетов чрезвычайных ситуаций на этапе их возникновения и распространения. В работе предложена методика оценки эффективности различных алгоритмов обработки изображений чрезвычайных ситуаций. В результате проведения экспериментов по оценке статистических и амплитудных свойств изображений чрезвычайной ситуации сформированы компактные представительные выборки сюжетов чрезвычайных ситуаций для наиболее распространенных классов техногенных аварий на автомобильном транспорте, связанных с выбросом нефти, пожарами и взрывами.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, классификация изображений, интегрированная оценка неопределенности, максимальный размах амплитуды

CLASSIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS IMAGES IN ROAD TRANSPORT BY STATISTICAL AND AMPLITUDE PROPERTIES

I.G. Malygin; O.A. Korolev.

Solomenko Institute of transport problems of the Russian academy of sciences

The relevance of the task of transmitting images of emergency situations, coming from numerous surveillance cameras, is becoming more acute with the growing need for prompt detection and delivery of high-quality video information to the control and regulation centers of the Ministry of Emergencies of Russia. To solve this problem, it is necessary, first of all, to analyze the statistical and amplitude characteristics of large volumes of visual data. Such an analysis is necessary to classify frequently encountered emergency situations at the stage of their emergence and spread. The paper proposes a method for evaluating the effectiveness of various algorithms for processing emergency images. As a result of experiments to assess the statistical and amplitude properties of emergency images compact representative samples of emergency situations were formed for the most common classes of technogenic accidents in road transport associated with oil emissions, fires and explosions.

Keywords: emergency situations, image classification, integrated uncertainty estimation, maximum range amplitude

За последние несколько лет изменение климата и антропогенные факторы оказывают значительное влияние на окружающую среду, становясь причинами чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1]. Некоторые из этих ЧС включают аварии (катастрофы) на автомобильном

транспорте, в том числе с выбросом аварийных химически опасных веществ [2], лесные пожары [3] и т.д. Техногенные аварии имеют экстремальные последствия для местных и глобальных экосистем [4], наносят серьезный ущерб инфраструктуре и приводят к человеческим жертвам, поэтому обнаружение и передача видеoinформации о ЧС в момент их возникновения в органы управления МЧС России в реальном времени является одной из важнейших проблем для оперативного реагирования и обеспечения безопасности [5]. С этой целью были предприняты серьезные усилия по предотвращению или смягчению последствий ЧС путем мониторинга с помощью современных интеллектуальных камер наблюдения, построенных на основе программируемых видеосистем на кристалле [6–8].

Последние достижения в области проектирования высокопроизводительных систем приема и передачи видеoinформации предлагают новые инструменты для мониторинга и оперативной доставки в реальном времени, а разработка новых технологий микроэлектроники позволила системам мониторинга быть более эффективными в решении проблем анализа и передачи видеoinформации о ЧС [9].

Из теории информации, предложенной К. Шенноном в своей известной книге [10], проблема кодирования и передачи сообщений состоит в обеспечении эффективной и своевременной их доставки с сохранением качества декодированных изображений, а также использовании минимальной битовой скорости передачи с учётом корреляции соседних пикселей.

Другой важной проблемой является определение класса изображений, для которого разрабатываются соответствующие алгоритмы кодирования и декодирования изображений [11]. При этом важно отметить такие свойства изображений, как статистические или корреляционные, характеризующие неопределенность, а также амплитудные или оптические, которые определяют ширину полосы сигнала каждого класса изображений [12]. Следовательно, классификация изображений, в частности, изображений различных ЧС, необходимо выполнить с учетом того факта, что каждая ЧС может иметь огромное число сюжетов со сколь угодно большим диапазоном статистической неопределенности, которую необходимо сформулировать для оценки эффективности алгоритмов кодирования и декодирования изображений.

В статье предложена классификация различных сюжетов ЧС по двум признакам: интегрированной оценке неопределенности (IUA – integrated uncertainty assessment) и максимальному размаху амплитуды (MAS-maximum amplitude span) исходного сигнала, а также рассмотрен метод спектральной обработки изображений ЧС для создания видеосистем мониторинга реального времени.

Методика оценки алгоритмов кодирования источников

Анализ работ по построению систем кодирования изображений в условиях зашумленности источника и большого отношения сигнал/шум контента выявил следующие основные проблемы:

Первая задача учета статистических свойств сигнала изображений ЧС в условиях шума и помех. В силу большого количества статистических показателей и статистик данная задача решена лишь для некоторых простых случаев изображений с ярко выраженной корреляционной информацией. При этом основным достижением теории обработки изображений является развитие двух направлений исследований:

- алгоритмы с высокой устойчивостью к помехам и шумам;
- алгоритмы с высокой адаптацией к сюжетам [12].

Вторая задача учета нестационарности сигналов изображений. Также в силу огромного числа статистик эта задача, как и задача учета статистических свойств сигнала, реализована частично и лишь с учетом небольшого набора статистик сигнала изображений. В основном достигнутые в этой области результаты выражаются в виде алгоритмов, позволяющих выделять области стационарности или сегментировать сигналы изображений [13].

Третья задача сложности подходов при решении проблемы сжатия и восстановления изображений, которая заключается в формализации взаимосвязи трех основных величин: ошибки передачи, битовой скорости передачи и вычислительной сложности систем обработки изображений. Решение данной задачи особо актуально при создании интеллектуальных видеосистем наблюдения, состоящих из компактных беспилотников, при условии наличия жестких требований по уменьшению габаритов аппаратуры из-за ограниченной площади [14, 15].

Далее сфокусируемся на решении задач учета статистических свойств нестационарных сигналов изображений ЧС, не принимая во внимание вычислительную сложность и аппаратную реализацию процесса обработки.

В силу большого числа разновидностей возникающих ЧС и в целях совершенствования их статистического учета приказом МЧС России от 8 июля 2004 г. № 329 [16] утверждены критерии информации о ЧС, представляемой в МЧС России. Авторами были рассмотрены два класса ЧС: природного и техногенного характера. При этом каждый из этих двух классов ЧС, в свою очередь, также разделяется на подмножества классов как для техногенного характера, так и для природного. Следовательно, для полного охвата проблемы классификации изображений ЧС того или иного класса с точки зрения особенности оптического сигнала и его статистических свойств необходимо осуществлять сбор и тестирование огромного числа сюжетов (не менее 400 кадров) по отдельности для всех классов ЧС природного и техногенного характеров. Однако из-за ограничения объема материала статьи в данной работе были исследованы и протестированы изображения ЧС только техногенного характера и, в частности ЧС типа (рис. 1):

- пожары и взрывы;
- транспортные аварии;
- аварий с выбросом нефти.



Рис. 1. Классификация техногенных ЧС

Поскольку исследования, проводимые в Институте проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН), касались в основном ЧС, связанных с упомянутыми выше классами аварий, то речь в статье пойдет об обработке изображений с учетом статистических свойств именно этих классов изображений (рис. 2). При этом для сравнения эффективности алгоритмов обработки сюжетов предлагается выполнить следующие шаги:

- задать значения порогов нестационарности и неопределенности изображений ЧС, то есть значений IUA и MAS;
- исследовать и разработать алгоритм вычисления заданных значений порогов;
- вычислить границы изменения значений порогов для большой выборки изображений, заведомо являющейся репрезентативной;



Рис. 2. Выборка из трех классов техногенных ЧС

- выполнить разбиение шкалы изменения заданных порогов на три по возможности равных области;
- подобрать из множества сюжетов изображения данной ЧС для каждого из полученных интервалов по порогам IUA и MAS;
- применить к полученной выборке сюжетов исследуемые алгоритмы обработки;
- определить величину битовой скорости передачи изображений для каждого применяемого алгоритма с учетом заданной точности передачи или среднеквадратической ошибки (СКО);
- учесть равновероятность возникновения того или иного сюжета, если явно не сказано обратное;
- произвести усреднение в рамках полученной выборки значений битовой скорости для каждого выполненного алгоритма или же СКО передачи при заданной битовой скорости;
- проанализировать результаты выполнения исследуемых алгоритмов обработки изображений ЧС и выбрать те, которые позволяют достичь минимальной битовой скорости передачи при заданной СКО или минимальной СКО при заданной битовой скорости.

Вычисление значений порогов IUA и MAS

1. Вычисление IUA. С целью определения пороговых значений IUA и MAS сюжетов ЧС обратимся к статистической радиотехнике и воспользуемся распространёнными в этой области понятиями стационарности, различающей процессы с постоянными и переменными дисперсией и автокорреляционной функцией. Таким образом, значения порогов IUA и MAS должны учитывать все возможные статистики CT_n изображения, которые могут быть применимы для определенных областей (сегментов) изображения, оцененных по конкретным адаптивным алгоритмам. При определении интервалов для значений порогов IUA и MAS необходимо исходить из следующих условий:

- выбираемая область неопределенности должна быть не слишком мала, чтобы обеспечивалось достижение приемлемых методологических погрешностей при вычислении статистик;
- изменение статистики внутри каждой области недопустимо, поэтому размер интервала должен быть ограничен сверху.

Значение IUA выражается в общем случае взвешенной суммой интегрированных мер неопределенности отдельных статистик:

$$IUA = \sum_{i=1}^I IUA_i,$$

где i – текущее значение области (сегмента) исходного изображения; I – общее число сегментов изображения.

В данном случае для изображения, представляющего собой дискретную функцию распределения уровня яркости по координатам, используется первая конечная разность сигнала в виде следующей формулы:

$$IUA = \frac{\sum_{k=1}^K (IUA_{ik} - IUA_{ik-1})^2}{\sum_{k=1}^K IUA_{ik}^2}.$$

Следует отметить, что механизм определения размера сегмента нестационарности для заданного изображения основан на применении дискриминантного анализа [15], а сама мера нестационарности вычисляется на основе нормированных значений статистик аналогично среднеквадратической полосе частот [17]. Для оценки IUA необходимо разбить изображения на квадратные сегменты размером $(n \times n)$, далее для каждого сегмента определяется его статистика на основе следующих статистических характеристик:

1) дисперсия (IUA_1):

$$IUA_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (IUA_{ij} - \overline{IUA})^2}{n^2};$$

2) коэффициент корреляции (IUA_2):

$$IUA_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (IUA_{ij} - \overline{IUA})(IUA'_{ij} - \overline{IUA'})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (IUA_{ij} - \overline{IUA})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (IUA'_{ij} - \overline{IUA'})^2}},$$

где IUA и IUA' – матрицы исходного и итогового изображений;

3) автокорреляционная функция (IUA_3) для сигнала, обладающего свойствами эргодичности, может быть рассчитана по формуле:

$$IUA_3(\partial x, \partial y) = \lim_{S \rightarrow \infty} \frac{1}{S \{ \int \int [g(x,y) - \bar{g}][g(x+\partial x, y+\partial y) - \bar{g}] dx dy \}'},$$

где S – фрагмент изображения, по которому производится интегрирование; $g(x, y)$ – яркость в точке с координатами (x, y) ; $\partial x, \partial y$ – сдвиги по осям x и y между пикселями, для которых рассчитывается корреляционная связь; \bar{g} – среднее значение яркости;

4) среднеквадратическое отклонение (IUA_4):

$$IUA_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (IUA_{ij} - \overline{IUA})^2}{n}};$$

5) среднее значение (IUA_5):

$$\text{простое } IUA_5 = \overline{IUA} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n IUA_{ij}}{n^2}; \text{ взвешенное } IUA_5 = \overline{IUA} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n IUA_{ij} * p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}},$$

где p_{ij} – весовой коэффициент.

В результате вычисления всех вышеперечисленных статистик IUA определяется по следующей формуле:

$$IUA = \frac{\sum_{p=1}^4 (IUA_{p+1} - IUA_p)^2}{\sum_{p=1}^5 IUA_p^2}.$$

Для вычисления IUA изображений ЧС указанных выше классов воспользуемся двумя способами:

1) определим первую разность для величин яркости изображения, то есть дифференциал исходного сигнала, для этого:

а) из каждой строки i изображения размером $N*N$ пикселей вычитается ее среднее значение;

б) для каждой i строки изображения определяется величина IUA_i , то есть:

$$IUA_i = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^{N-1} (x(i,p+1) - \bar{x}(i,p))^2}{\sum_{p=1}^N x^2(i,p)}},$$

где $x(i, p)$ – величина яркости пикселя в i строке, p столбце изображения;

в) найденные меры IUA_i усредняются для N строк исходного изображения:

$$IUA = \frac{\sum_{i=1}^N IUA_i}{N};$$

2) во втором способе для нахождения IUA используем значение эквивалентного размаха спектра сигнала изображения, полученного усреднением спектра всех строк изображения по формуле:

$$IUA = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^{N/2} p^2 |\bar{X}(p)|^2}{\sum_{p=1}^{N/2} |\bar{X}(p)|^2}}.$$

2. Вычисление MAS. Для вычисления значений MAS изображений ЧС воспользуемся процедурой определения меры широкополосности, используемой в статистической радиотехнике [8]:

$$MAS = \sqrt{\frac{\frac{W}{\sum_{w=1}^2 w^2 |f(w)|^2}}{\sum_{w=1}^2 |f(w)|^2}},$$

где $f(w)$ – величина спектральной составляющей, полученная путем усреднения значений спектральных составляющих по всем строкам исходного изображения.

Интеллектуальные видеосистемы наблюдения ЧС можно разделить на два типа: системы сбора для передачи видеoinформации и системы анализа видеoinформации.

Цель систем первого типа заключается в оперативной доставке видеoinформации о ЧС в центры МЧС России для быстрого реагирования и контроля, следовательно, главной задачей для достижения данной цели представляется разработка эффективного метода, позволяющего максимально уменьшить битовую скорость передачи данных по каналу связи. А целью систем второго типа является анализ видеoinформации для обнаружения и распознавания ЧС еще на раннем этапе возникновения, следовательно, для достижения данной цели необходимо разработать эффективные методы и алгоритмы, позволяющие с высокой точностью обнаруживать и распознавать любые ЧС в условиях шума и помех.

Однако следует отметить, что для создания вышеуказанных систем необходимо определить класс изображений с целью достижения максимальной выгоды как с точки зрения процесса кодирования для передачи, так и процесса анализа для обнаружения и распознавания. При этом важно помнить, что каждый алгоритм обработки адаптирован к конкретному классу изображений, учитывающий его статистические и амплитудные свойства.

Проведенные в ИПТ РАН эксперименты по моделированию различных алгоритмов вычисления статистических и амплитудных характеристик сигналов изображений ЧС с использованием языка объектно-ориентированного программирования C/C++ были нацелены в первую очередь на классификацию изображений ЧС, а именно для

вышеуказанных классов: а) пожары и взрывы; б) транспортные аварии; в) аварии с выбросом нефти.

В результате были получены три группы представительных выборок изображений, представленных на рис. 3.



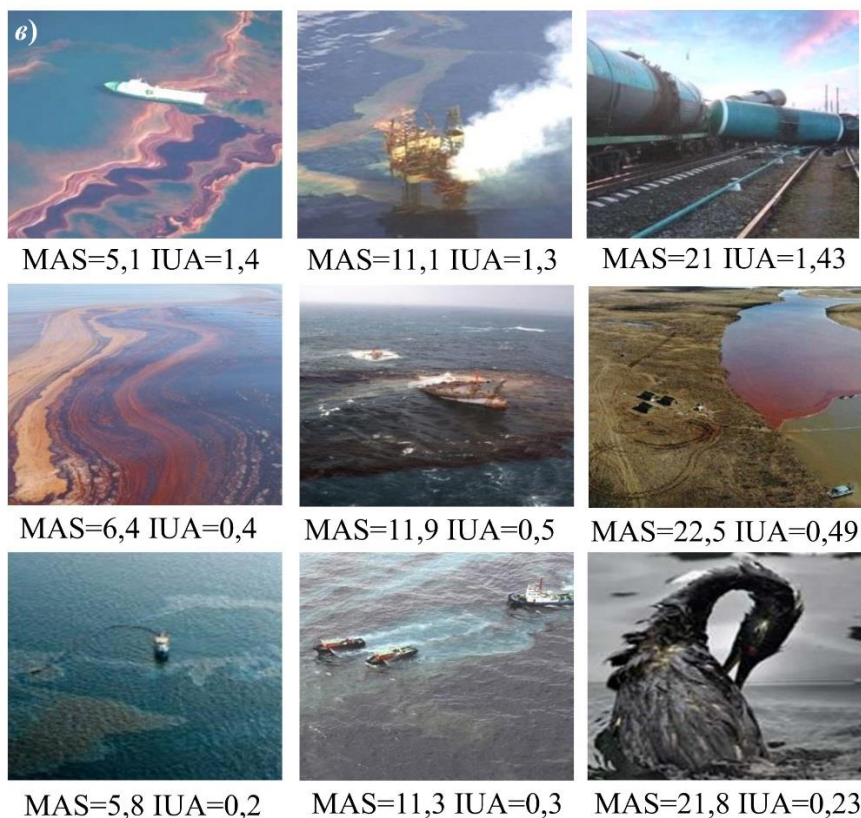


Рис. 3. Компактная выборка изображений ЧС: а) пожары и взрывы; б) автотранспортные аварии; в) аварии с выбросом нефти

Для достоверности проведенных результатов тестирования были использованы более 200 кадров каждого класса пожаров, транспортных аварий и аварий с выбросом нефти соответственно.

В статье представлена методика, которая, опираясь на статистические характеристики сигналов изображений ЧС на транспорте, позволяет оценить эффективность устройств кодирования и декодирования изображений, используя введенное авторами понятие «интегрированная оценка неопределенности» (IUA – integrated uncertainty assessment).

Область применения понятия IUA распространяется на процессы передачи сюжетов о ЧС различных классов, в том числе с устройств фото-видео фиксации, расположенных на крупных магистралях, обеспечивающих мониторинг транспортных потоков, отслеживающих аварии и катастрофы на автомобильном транспорте в условиях шума и помех.

Методика классификации сюжетов ЧС на автомобильном транспорте позволяет выполнить сравнение и осуществлять оценку эффективности различных алгоритмов сжатия и восстановления изображений для выбора наилучшего из них для создания видеосистем передачи визуальных данных, полученных от камер наблюдения. Корреляционные и амплитудные характеристики позволяют классифицировать изображения и сформировать компактные представительные выборки изображений ЧС, на основе которых может быть определена эффективность обработки изображений различными алгоритмами.

Литература

1. Математическое моделирование процессов развития пожара и пожаротушения в условиях ограниченности сил и средств / И.Г. Малыгин [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008. № 4 (8). С. 125–132.

2. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 6–13.
3. Малыгин И.Г., Ширлин Д.В. Управление совместными действиями пожарно-спасательных подразделений при ликвидации трансграничных пожаров, аварий и катастроф на примере России и Финляндии // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008. № 4 (8). С. 114–125.
4. Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport / I.G. Malygin [et al.] // Transportation Research Procedia. 2020. Vol. 50. pp. 68–76. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.009.
5. Cognitive transport video systems / S.S. Fahmi [et al.] // Marine intellectual technologies. 2020. Vol. 1. № 4 (50). pp. 142–154. DOI: 10.37220/MIT.2020.50.4.020.
6. Convolutional Neural Networks for Noise Classification and Denoising of Images / D. Sil [et al.] // In proceedings IEEE Region 10 Annual International Conference. 2019. pp. 447–451. DOI: 10.1109/TENCON.2019.8929277.
7. Karpenko A., Aarabi P. Tiny videos: A large data set for nonparametric video retrieval and frame classification // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2011. Vol. 33(3). pp 618–630. DOI: 10.1109/TPAMI.2010.118.
8. Two-phase object-based deep learning for multi-temporal SAR image change detection / X. Zhang [et al.] // Remote Sensing. 2020. Vol. 12(3). number article 548. DOI: 10.3390/rs12030548.
9. Eldhuset K. An automatic ship and ship wake detection system for spaceborne SAR images in coastal regions // IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing. 1996. Vol. 34 (4). pp. 1010–1019. DOI: 10.1109/36.508418.
10. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Иностранная литература, 1963. 832 с.
11. Миленький А.В. Классификация сигналов в условиях неопределенности. М.: Сов. радио, 1975.
12. Репин В.Г., Тартаковский Г.П. Статический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем. М.: Сов. радио, 1977.
13. Фахми Ш.С., Крюкова М.С. Сегментация полутоновых изображений лесных пожаров на основе дисперсионного анализа // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 103–111.
14. Королев О.А. Параллельный алгоритм преобразования транспортной видеоинформации // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020: материалы Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. СПб.: ИПТ РАН, 2020. Т. 1. С. 338–344.
15. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. М.: Сов. радио, 1960.
16. Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях: приказ МЧС России от 8 июля 2004 г. № 329. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
17. Парфенов В.И., Сергеева Е.В. Применение дискриминантной процедуры при синтезе и анализе телекоммуникационной системы, основанной на манипуляции статистическими характеристиками случайного процесса // Вестник ВГУ. Сер.: Физика, математика. 2008. Вып. 1. С. 70–74.

References

1. Matematicheskoe modelirovanie processov razvitiya pozhara i pozharotusheniya v usloviyah ogranichenosti sil i sredstv / I.G. Malygin [i dr.] // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2008. № 4 (8). S. 125–132.
2. Malygin I.G., Sil'nikov M.V. Intellektual'nye sistemy transportnoj bezopasnosti // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 1 (29). S. 6–13.

3. Malygin I.G., SHirlin D.V. Upravlenie sovmestnymi dejstviyami pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij pri likvidacii transgranichnyh pozharov, avarij i katastrof na primere Rossii i Finlyandii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2008. № 4 (8). S. 114–125.
4. Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport / I.G. Malygin [et al.] // Transportation Research Procedia. 2020. Vol. 50. pp. 68–76. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.009.
5. Cognitive transport video systems / S.S. Fahmi [et al.] // Marine intellectual technologies. 2020. Vol. 1. № 4 (50). pp. 142–154. DOI: 10.37220/MIT.2020.50.4.020.
6. Convolutional Neural Networks for Noise Classification and Denoising of Images / D. Sil [et al.] // In proceedings IEEE Region 10 Annual International Conference. 2019. pp. 447–451. DOI: 10.1109/TENCON.2019.8929277.
7. Karpenko A., Aarabi P. Tiny videos: A large data set for nonparametric video retrieval and frame classification // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2011. Vol. 33(3). pp 618–630. DOI: 10.1109/TPAMI.2010.118.
8. Two-phase object-based deep learning for multi-temporal SAR image change detection / X. Zhang [et al.] // Remote Sensing. 2020. Vol. 12(3). number article 548. DOI: 10.3390/rs12030548.
9. Eldhuset K. An automatic ship and ship wake detection system for spaceborne SAR images in coastal regions // IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing. 1996. Vol. 34 (4). pp. 1010–1019. DOI: 10.1109/36.508418.
10. Shannon K. Raboty po teorii informacii i kibernetike. M.: Inostrannaya literatura, 1963. 832 s.
11. Milen'kij A.V. Klassifikaciya signalov v usloviyah neopredelennosti. M.: Sov. radio, 1975.
12. Repin V.G., Tartakovskij G.P. Sticheseskij sintez pri apriornoj neopredelennosti i adaptaciya informacionnyh sistem. M.: Sov. radio, 1977.
13. Fahmi Sh.S., Kryukova M.S. Segmentaciya polutonovyh izobrazhenij lesnyh pozharov na osnove dispersionnogo analiza // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 3. S. 103–111.
14. Korolev O.A. Parallel'nyj algoritm preobrazovaniya transportnoj videoinformacii // Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2020: materialy Yubilejnoj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: IPT RAN, 2020. T. 1. S. 338–344.
15. Vajnshtejn L.A., Zubakov V.D. Vydelenie signalov na fone sluchajnyh pomekh. M.: Sov. radio, 1960.
16. Ob utverzhdenii kriteriev informacii o chrezvychajnyh situacijah: prikaz MCHS Rossii ot 8 iyulya 2004 g. № 329. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
17. Parfenov V.I., Sergeeva E.V. Primenenie diskriminantnoj procedury pri sinteze i analize telekommunikacionnoj sistemy, osnovannoj na manipuljacii statisticheskimi harakteristikami sluchajnogo processa // Vestnik VGU. Ser.: Fizika, matematika. 2008. Vyp. 1. S. 70–74.

УДК 004.031

ГРАФОВАЯ МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Д.В. Кучеренко.**Правительство Санкт-Петербурга.****А.В. Матвеев, кандидат технических наук, доцент.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

В настоящее время в Санкт-Петербурге сформирована информационная экосистема, включающая информационную инфраструктуру, заказчиков, проектировщиков информационных систем, их потребителей. Ее сложность и большие размеры требуют проведения исследований с целью выявления свойств, существующих тенденций и дальнейшего совершенствования.

В статье проведен графовый анализ информационной инфраструктуры органов государственного управления Санкт-Петербурга. В ходе исследования проверялась гипотеза о наличии проблемы в организации планирования процесса построения и развития информационной инфраструктуры органов управления Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: информационная инфраструктура, графовый анализ, граф информационной инфраструктуры, сеть аффилированности, сечения графа, показатели графа, языки аналитики данных

THE GRAPH MODEL OF DESCRIPTIONS INFORMATION INFRASTRUCTURE GOVERNMENT OF SAINT-PETERSBURG

D.V. Kucherenko. Government of Saint-Petersburg.**A.V. Matveev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

At present, an information ecosystem has been formed in St. Petersburg, which includes information infrastructure, customers, information system designers, and their consumers. Its complexity and large size require the researches in order to identify properties, existing trends and further improvement.

The paper presents the graph analysis of the information infrastructure of the state administration bodies of Saint-Petersburg. The research tested the hypothesis about a problem exists in the organization of the planning process of building and development of information infrastructure of Saint-Petersburg administration.

Keywords: information infrastructure, graph analysis, information infrastructure graph, affiliation network, graph sections, graph indicators, data analytics languages

Личный опыт авторов в проектировании и разработке информационных систем, в том числе для органов государственной власти Санкт-Петербурга показывает, что существует дублирование в решении данных задач. Схожие функциональные подсистемы проектируются и затем реализуются в различных информационных системах, при этом не обеспечивается целостность информационного обеспечения. Актуальным остается вопрос создания и управления единым информационным пространством, необходимым для решения задач комплексной автоматизации, а также решения задач создания «умного» города. В качестве заказчиков проектов выступают различные комитеты правительства города, различные организации и иные государственные учреждения. По данным проведенного анализа за 20-летний период развития информационной инфраструктуры заказчиками

выступали 36 организаций. Было выполнено (с учетом различных видов работ) около 2 000 проектов, направленных на создание, развитие и сопровождение информационных систем. В их выполнении приняло участие более 200 организаций. Большинство из организаций-исполнителей участвовали в выполнении только одного проекта. Следовательно, у таких проектировщиков не было опыта в разработке информационных систем для органов государственной власти. Созданные системы не всегда были интегрированы в единое информационное пространство Санкт-Петербурга [1]. Можно предположить, что или их качество было недостаточным, или были превышены сроки, стоимость и объем выполняемых работ. Напомним признак сложной системы, сформулированный Гради Бучем – специалистом в области программной инженерии, руководителем исследований IBM Research, IBM Fellow. По его словам: «Любая работающая сложная система является результатом развития работавшей более простой системы... Сложная система, спроектированная «с нуля», никогда не заработает».

Методы исследования

Таким образом, существует необходимость исследования существующей информационной инфраструктуры Санкт-Петербурга. Для решения задачи исследования будем использовать методы графового и сетевого анализа. Под графовым анализом будем понимать набор методов аналитического исследования структуры, представленной графом. Сетевой анализ является частью графового анализа, направленного на анализ сетей, в том числе социальных сетей. Для решения этой задачи использовались методы теории графов и анализа социальных сетей. Социальные сети были первоначально разработаны Я. Морено – психологом, психиатром и социологом, основателем социометрии [2]. Социальные сети представляют собой граф, вершины которого описывают членов социальных групп, а дуги указывают на взаимосвязь между ними, существующие социальные отношения [3, 4]. В работе [5] указано, что сетевой анализ (наука о сетях, англ. network science) может быть использован для исследования и интерпретации информационных систем.

Частные результаты графового анализа такой информационной инфраструктуры были приведены в статье одного из авторов [6]. В ней была решена задача кластерного анализа. В качестве показателя близости элементов построенного графа была использована модулярность [7]. Это позволило сформировать четыре кластера, элементами которых были государственные информационные системы. Однако такая гомогенная структура не учитывает разнотипность составляющих информационной экосистемы, разные их роли, семантику связей между вершинами графа. Отметим, что вершинами графа информационной инфраструктуры органов государственного управления Санкт-Петербурга могут быть заказчики, проектировщики, информационные системы. Поэтому синтезируемый граф должен быть многодольным, например, двудольным. В таком графе предполагается два типа вершин, задаваемых множествами X_1 , X_2 . Тогда граф процессов проектирования и разработки информационной инфраструктуры задается семейством: $G = \langle X_1, X_2, R \rangle$, где R – отношение на двудольном графе. В сетевом анализе для исследования таких графов используют понятие сетей аффилированности – сетей, в которых участники аффилированы друг с другом на основе сотрудничества в рамках какого-то процесса, совместного участия в определенном событии.

Рассмотрим следующие графы аффилированности: граф «заказчик-информационная система», граф «проектировщик-информационная система» и граф «заказчик-проектировщик». Для сокращения размерности задачи будем предполагать, что имеются пять заказчиков: C1–C5. Имеется семь информационных систем: IS1–IS7. А также выполняют проекты по разработке информационных систем три проектные организации: Pr1: Pr3. В табл. 1–3 приведены матрицы инцидентности для рассмотренного примера.

Таблица 1. Матрица инцидентности двудольного графа «заказчик-информационная система»

Заказчик	Информационная система						
	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5	IS6	IS7
C1	1	1	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	0	1
C3	0	0	1	0	0	0	0
C4	0	0	0	1	1	0	0
C5	0	0	0	0	0	1	0

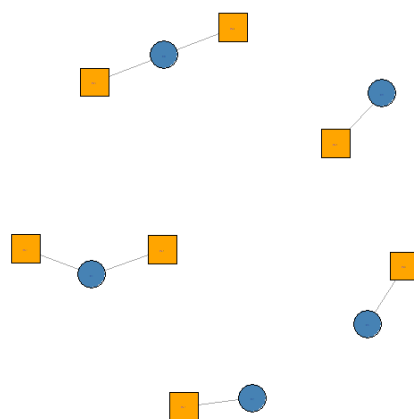
Таблица 2. Матрица инцидентности двудольного графа «проектировщик-информационная система»

Разработчик	Информационная система						
	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5	IS6	IS7
Pr1	1	1	0	0	0	0	0
Pr2	0	1	1	1	0	0	1
Pr3	0	0	1	0	1	1	1

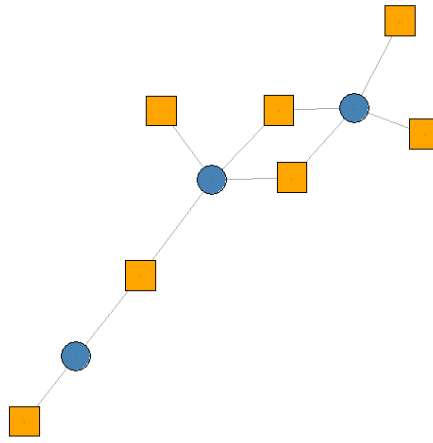
Таблица 3. Матрица инцидентности двудольного графа «заказчик-проектировщик»

Заказчик	Разработчик		
	Pr1	Pr2	Pr3
C1	1	1	0
C2	0	1	1
C3	1	0	0
C4	0	1	1
C5	0	0	1

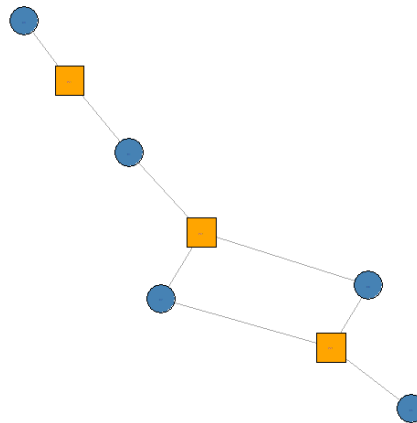
Для построения графов и определения их показателей были использованы библиотеки языка R [8, 9]. Диаграммы для этих двудольных графов, построенные с их помощью, представлены на рис. 1.



а) двудольный граф «заказчик-информационная система»



б) двудольный граф «проектировщик-информационная система»



в) двудольный граф «заказчик-проектировщик»

Рис. 1. Диаграммы двудольные графы

Построим одномодальные проекции для каждого из ранее рассмотренных графов аффилированности. В каждой проекции остаются вершины одного типа. Поэтому графы перестают быть бимодальными. Вершины графов становятся смежными в том случае, если у них была смежная общая вершина другого типа, по которому выполнена проекция. В этом случае граф смежности позволяет сформировать списки заказчиков, информационных систем, проектировщиков, которые имели одних и тех же исполнителей, у которых заказывалась одна и та же информационная система, которые имели одних и тех же заказчиков. На рис. 2. представлены графы таких сечений для трех ранее рассмотренных двудольных графов.

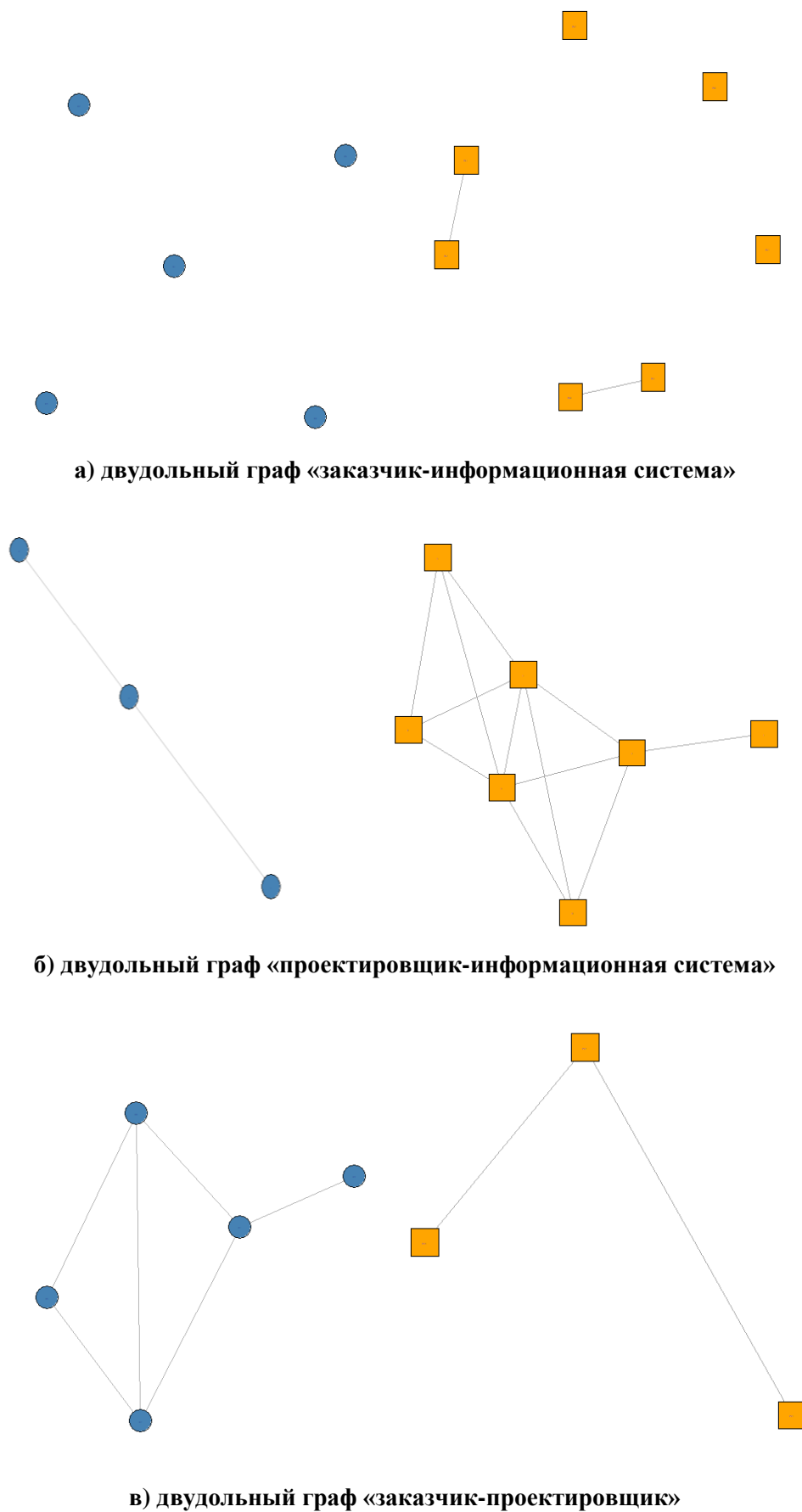


Рис. 2. Проекция двудольных графов аффилированности

Результаты

Проверка предложенного метода произведена применительно к информационной инфраструктуре Санкт-Петербурга. В качестве исходных сведений для анализа использовались общедоступные данные Государственной информационной системы Санкт-Петербурга «Реестр государственных информационных систем Санкт-Петербурга» [10]. С использованием данных в соответствии с представленным методом были составлены матрицы инцидентности, построены диаграммы двудольных графов и их проекции (рис. 3).

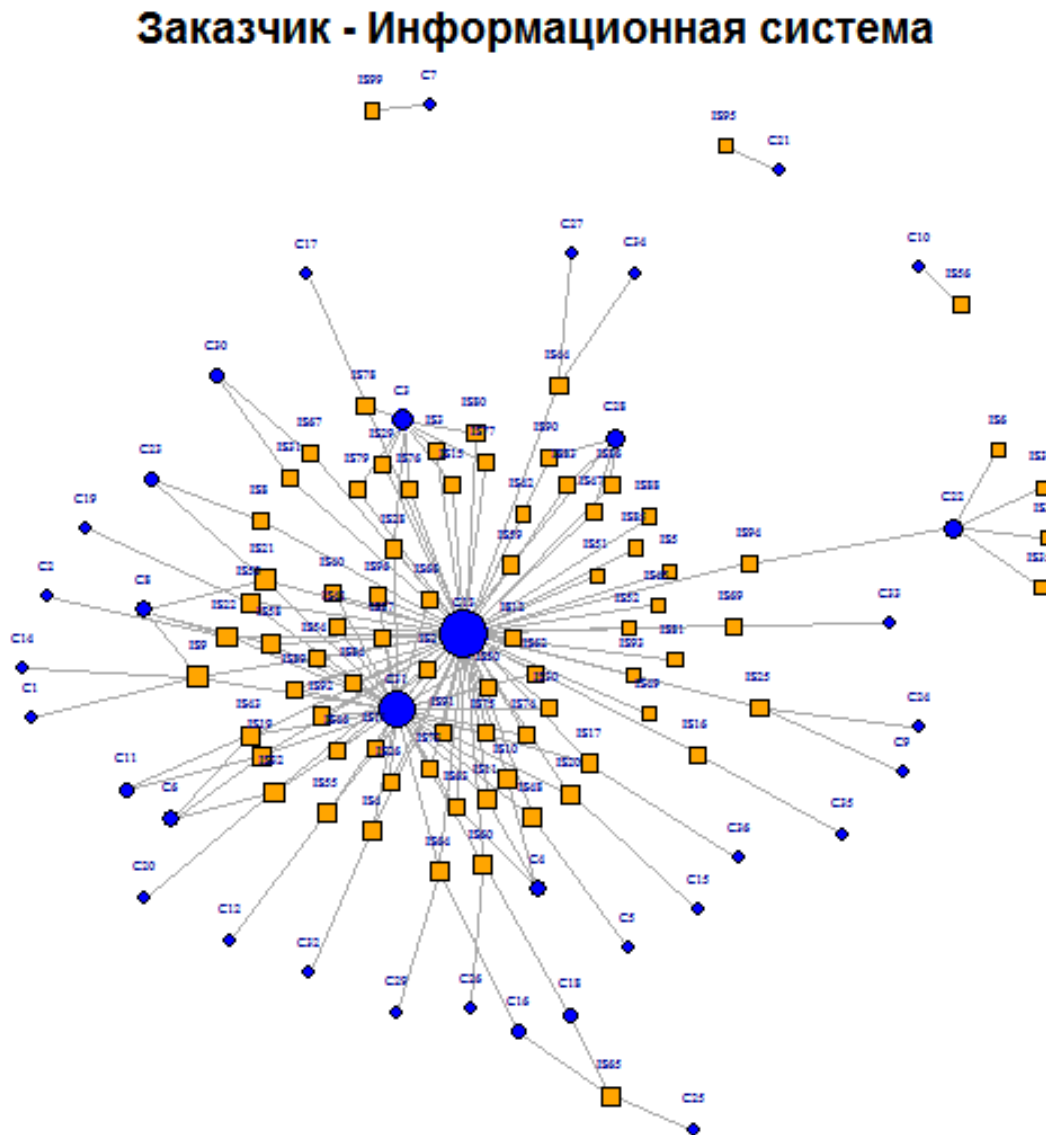


Рис. 3. Двудольный граф «заказчик-информационная система»

Двудольный граф «заказчик-информационная система», представленный на рис. 3, состоит из 115 вершин и 174 ребер, значение плотности сети с точностью до трех знаков после запятой составляет всего 0,027. Визуальный анализ свидетельствует о том, что большая часть заказчиков и информационных систем формируют гигантскую связную компоненту вокруг двух вершин типа «заказчик», что подтверждает наличие в регионе организованного процесса централизованных закупок, однако наличие обособленных элементов графа в виде связей «заказчик-информационная система» свидетельствует о наличии исключений из централизованных закупок.

На рис. 4 представлены проекции двудольного графа аффилированности «заказчик-информационная система». В соответствии с показателями графов, представленными в табл. 4, высокий уровень плотности и транзитивности графа «информационные системы» свидетельствует о том, что практически все информационные системы связаны через одного из заказчиков. Такое высокое значение показателя транзитивности подтверждает вывод о наличии организованного процесса проектирования и разработки государственных информационных систем в Санкт-Петербурге.

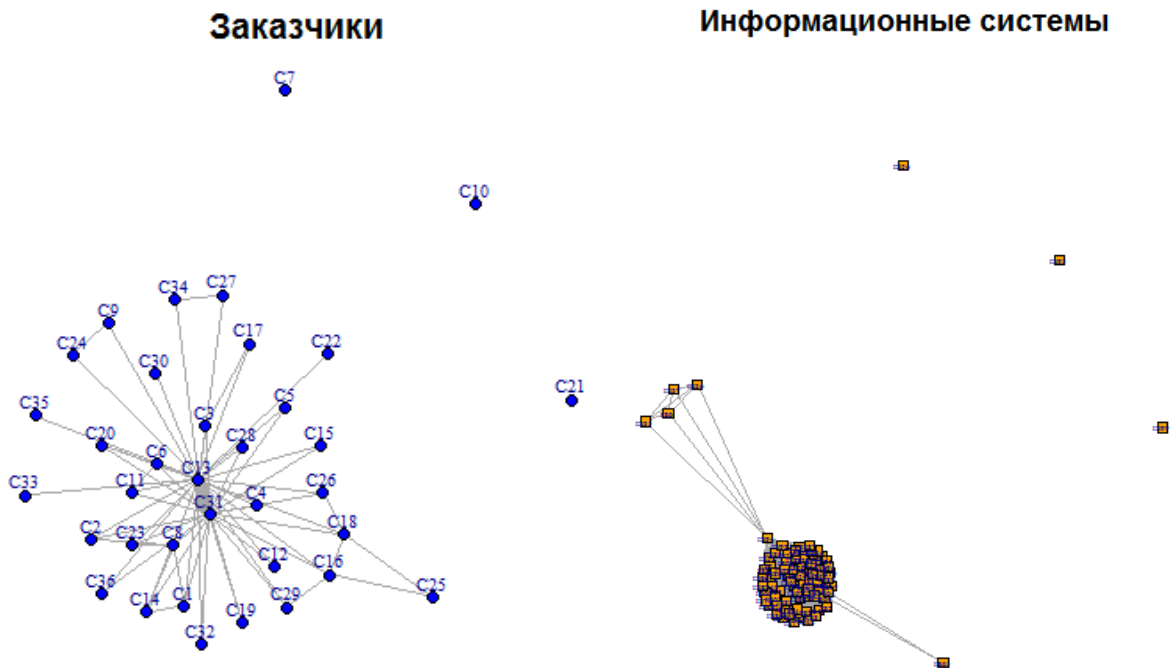


Рис. 4. Проекция двудольного графа аффилированности «заказчик-информационная система»

Таблица 4. Показатели проекции двудольного графа аффилированности «заказчик-информационная система»

	Кол-во вершин	Кол-во ребер	Плотность	Транзитивность
Заказчики	36	67	0,106	0,176
Информационные системы	79	2497	0,810	0,998

На рис. 5 представлен двудольный граф «проектировщик-информационная система», состоящий из 276 вершин и 337 ребер, значение плотности сети невелико и составляет всего 0,009. Визуальный анализ свидетельствует о том, что значительная часть исполнителей по государственным контрактам на сопровождение и развитие государственных информационных систем сопровождали/развивали только одну информационную систему, формируя сообщества исполнителей (проектных организаций), сконцентрированных вокруг одной государственной информационной системы. Только четыре организации-исполнителя (проектировщика) имеют высокий уровень центральности и связаны с более чем 20 системами, что свидетельствует о наличии организаций, на базе которых может быть сформирован центр компетенции в сфере городской автоматизации.

Проектировщик - Информационная система

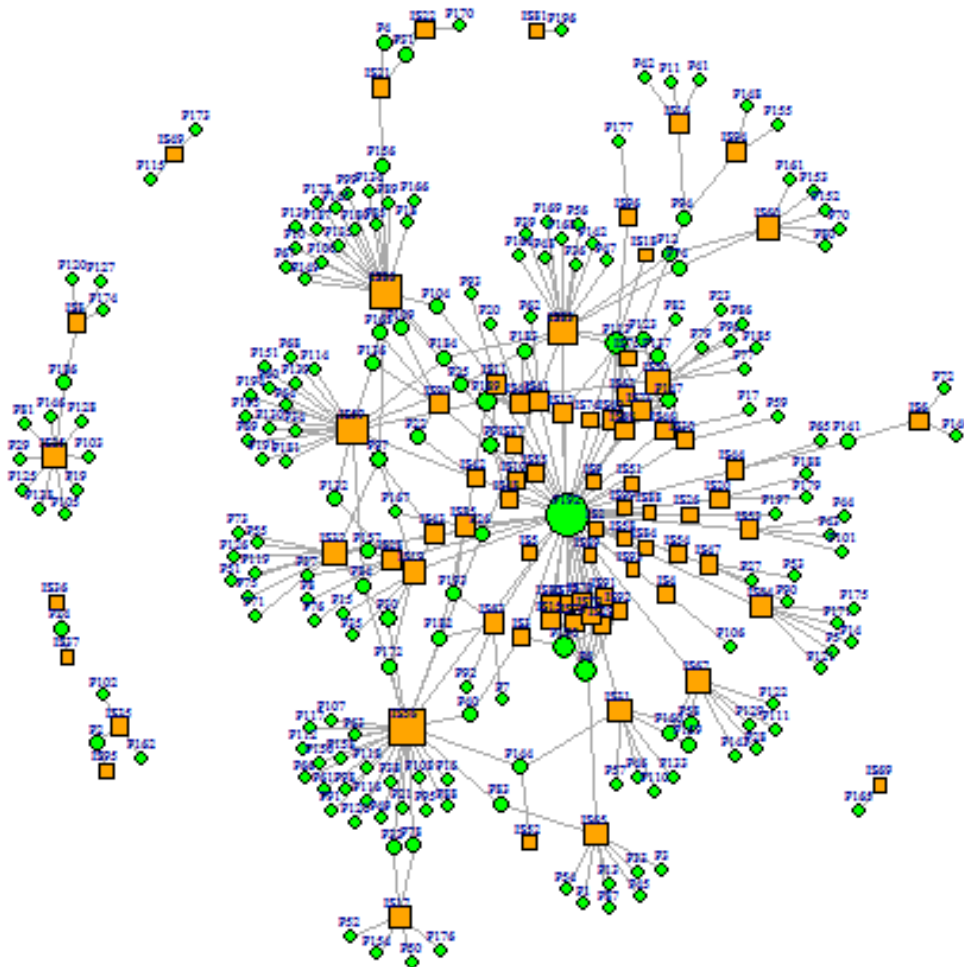


Рис. 5. Двудольный граф «проектировщик-информационная система»

На рис. 6 представлены проекции двудольного графа аффилированности «проектировщик-информационная система». Приведенные в табл. 5 показатели графов свидетельствуют о невысоком уровне плотности и высоком значении транзитивности графа «проектировщики». Визуальный анализ приведенного графа свидетельствуют о наличии сообществ организаций-проектировщиков, обслуживающих/модернизирующих в то или иное время небольшое количество информационных систем. Распределение показателя центральности свидетельствует о наличии только одной организации, связанной через информационные системы с более чем ста организациями-проектировщиками. Аналогично проекциям двудольного графа аффилированности «заказчик-информационная система», показатели одномодальной проекции «информационные системы» говорят о том, что большинство систем могут быть связаны через одну из проектных организаций.

Таблица 5. Показатели проекций двудольного графа аффилированности «проектировщик-информационная система»

	Кол-во вершин	Кол-во ребер	Плотность	Транзитивность
Проектировщики	197	1446	0,07	0,652
Информационные системы	79	1747	0,567	0,984

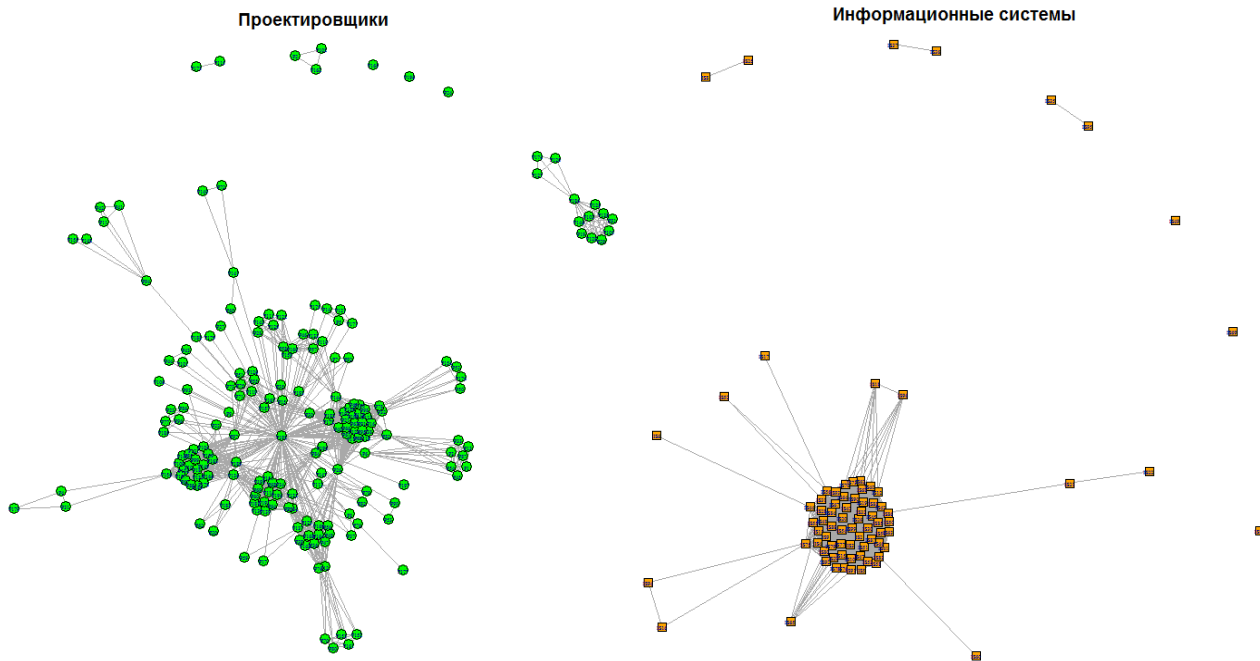


Рис. 6. Проекция двудольного графа аффилированности «проектировщик-информационная система»

На рис. 7 представлен двудольный граф «заказчик-проектировщик», состоящий из 233 вершин и 268 ребер, значение плотности сети невелико и составляет всего 0,010. Визуальный анализ свидетельствует о том, что значительная часть организаций-проектировщиков работала в то или иное время только с одним заказчиком, формируя сообщества исполнителей по контрактам, аналогично графу «проектировщик-информационная система».

На рис. 8 и в табл. 6 представлены проекции двудольного графа аффилированности «заказчик-проектировщик» и их характеристики. Визуальный анализ свидетельствует, что аналогично и другим проекциям есть обособленные заказчики, а также информационные системы, не связанные единым заказчиком. На графе «проектировщики» наблюдается ряд сообществ проектных организаций, связанных между собой (имеющих в то или иное время одного заказчика), в тоже самое время есть ряд исключений в виде обособленных отдельных проектных организаций/групп проектных организаций.

Таблица 6. Показатели проекций двудольного графа аффилированности «заказчик-проектировщик»

	Кол-во вершин	Кол-во ребер	Плотность	Транзитивность
Заказчики	36	84	0,133	0,509
Проектировщики	197	5081	0,263	0,880

Заказчик - Проектировщик

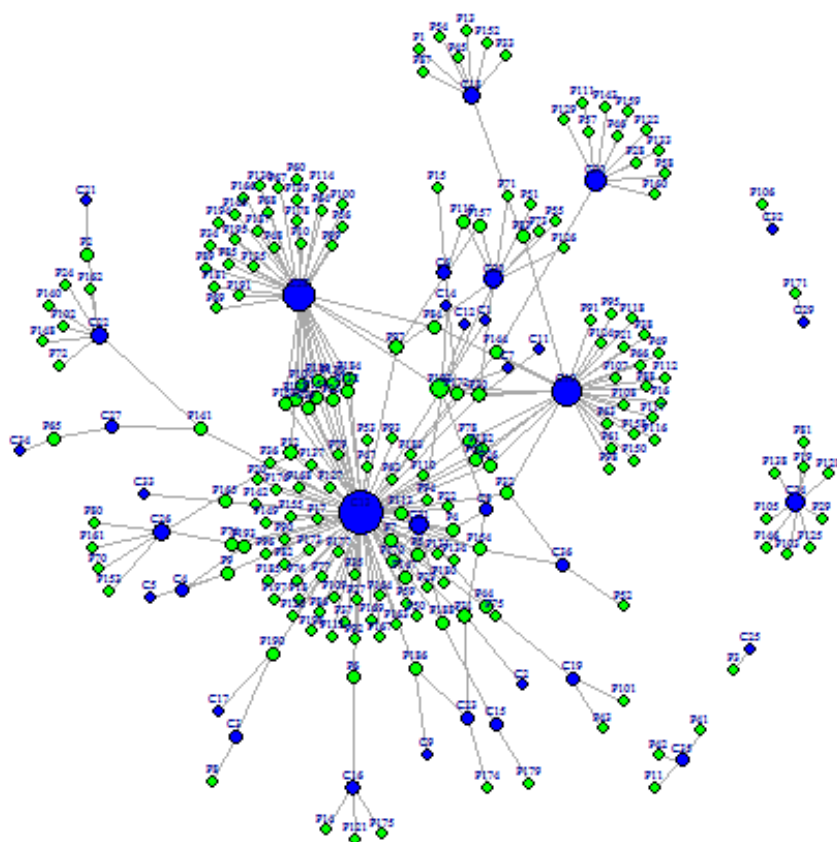


Рис. 7. Двудольный граф «заказчик-проектировщик»

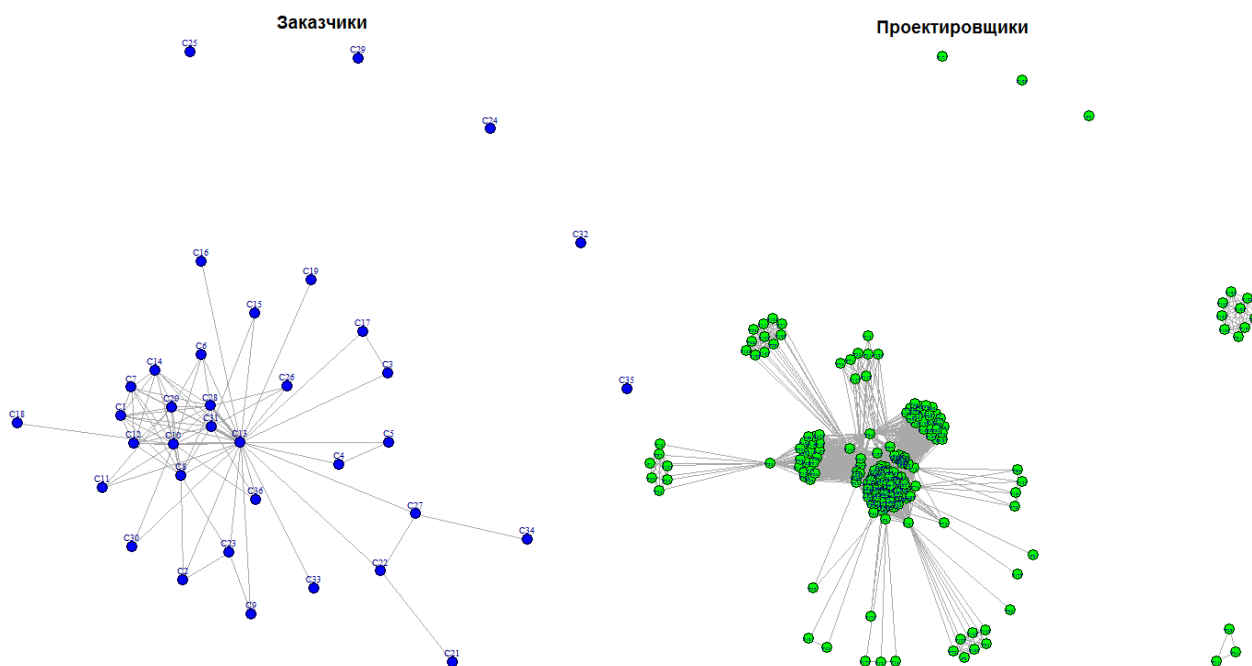


Рис. 8. Проекция двудольного графа аффилированности «заказчик-проектировщик»

Выводы

Результаты рассмотрения информационной инфраструктуры органов государственного управления Санкт-Петербурга методами графового и сетевого анализа показывают, что созданные в различное время информационные системы в период жизненного цикла имели разных заказчиков и разные проектные организации. Наличие двух крупных заказчиков объясняется организованными в регионе централизованными закупками работ и услуг в сфере информатизации и связи (Комитет по информатизации и связи, СПб ГКУ «Управление информационных технологий и связи»), однако, несмотря на это, централизация имеет ряд исключений.

Анализ представленных сетей аффилированности показывает, что большое количество организаций-проектировщиков работали только с одним заказчиком или являлись разработчиком/обслуживающей организацией только для одной информационной системы/группы систем. Это позволяет предположить, что существует специфика рынка ИТ-услуг в государственном секторе, а также потребность проектных организаций в наличии узкоквалифицированных специалистов для обслуживания той или иной системы, так как созданные в различное время на региональном уровне системы в каждом своём случае имеют различные технические и проектные решения (различную архитектуру, объем функциональных компонентов, системы управления баз данных, общее программное обеспечение и т.д.), имеют свои индивидуальные справочники, классификаторы [6]. Таким образом, при организации выбора проектной/сопровождающей организации для государственных информационных систем важным аспектом является детальная проработка квалификационных требований к участникам, а принятие решений исключительно из стоимостных характеристик может привести к заключению контрактов с недобросовестным/некомпетентным исполнителем.

Высокий уровень централизации закупок с одной стороны и наличие большого количества информационных систем с различными техническими и проектными решениями [6] свидетельствует о том, что фактически, не смотря на наличие единого заказчика, актуальным остается вопрос формирования единой технической политики, проработки и утверждения требований к архитектуре информационных систем, технологическим решениям и т.д.

Решение такой задачи требует дальнейших исследований данной области для проработки региональной стратегии цифровизации органов власти (в том числе сопутствующих регламентирующих документов), которая должна закрепить требования к инфраструктурным информационным системам органов власти (кластерам/группам информационных систем [1]), а также к работающим с органами власти ИТ-компаниям, что в совокупности с проработкой квалификационных требований к участникам конкурсных процедур позволит сформировать конкурентный рынок квалифицированных организаций, сопровождающих и развивающих государственные информационные системы по единым требованиям и стандартам, исключая монополизацию рынка ИТ-услуг.

Литература

1. Наумов В.Н., Кучеренко Д.В. Исследование структурной сложности инфраструктуры государственных информационных систем Санкт-Петербурга методами анализа социальных графов // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 2. С. 114-122.
2. Moreno Jakob L. *Sociometry, experimental method and the science of society* // *An approach to a new political orientation* Beacon. N.Y.: Beacon House, 1951.
3. Кочкаров А.А., Калашников Н.В., Кочкаров Р.А. Сравнительный анализ алгоритмов выявления сообществ в сложных сетевых системах на примере социальных сетей // *Программные продукты и системы*. 2020. Т. 33. № 2. С. 349–356. DOI: 10.15827/0236-235X.130.349-356.
4. Пилецкий И.И., Батура М.П., Шилин Л.Ю. Графовые технологии в интеллектуальной системе комплексного анализа данных интернет-источников // *Доклады*

Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2020. Т. 18. № 5. С. 89–97.

5. Люк Д. Анализ сетей (графов) в среде R. Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2017. 250 с.

6. Кучеренко Д.В. Состояние развития государственных информационных систем Санкт-Петербурга // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11-2. С. 193–199.

7. Ulrik Brandes, Daniel Delling, Marco Gaertler, Robert Gorke, Martin Hoefler, Zoran Nikoloski, Dorothea Wagner: On Modularity Clustering // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 20(2):172-188, 2008.

8. Butts C. T. (2008). Network: a Package for Managing Relational Data in R // Journal of Statistical Software, 24(2). <http://www.jstatsoft.org/v24/i02/>.

9. Наумов В.Н. Средства бизнес-аналитики. СПб.: ИПЦ СЗИУ-фил. РАНХиГС, 2016. 107 с.

10. Комитет по информатизации и связи. Реестр государственных информационных систем Санкт-Петербурга. URL: <https://reestr-gis.spb.ru/> (дата обращения: 06.12.2020).

References

1. Naumov V.N., Kucherenko D.V. Issledovanie strukturnoj slozhnosti infrastruktury gosudarstvennyh informacionnyh sistem Sankt-Peterburga metodami analiza social'nyh grafov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2019. № 2. S. 114–122.

2. Moreno Jakob L. Sociometry, experimental method and the science of society // An approach to a new political orientation Beacon. N.Y.: Beacon House, 1951.

3. Kochkarov A.A., Kalashnikov N.V., Kochkarov R.A. Sravnitel'nyj analiz algoritmov vyyavleniya soobshchestv v slozhnyh setevykh sistemah na primere social'nyh setej // Programmnye produkty i sistemy. 2020. Т. 33. № 2. S. 349–356. DOI: 10.15827/0236-235X.130.349-356.

4. Pileckij I.I., Batura M.P., Shilin L.Yu. Grafovye tekhnologii v intellektual'noj sisteme kompleksnogo analiza dannyh internet-istochnikov // Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki. 2020. Т. 18. № 5. S. 89–97.

5. Lyuk D. Analiz setej (grafov) v srede R. Rukovodstvo pol'zovatelya. М.: DMK Press, 2017. 250 с.

6. Kucherenko D.V. Sostoyanie razvitiya gosudarstvennyh informacionnyh sistem Sankt-Peterburga // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2018. № 11-2. S. 193–199.

7. Ulrik Brandes, Daniel Delling, Marco Gaertler, Robert Gorke, Martin Hoefler, Zoran Nikoloski, Dorothea Wagner: On Modularity Clustering // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2008. 20(2):172–188.

8. Butts C. T. (2008). Network: a Package for Managing Relational Data in R // Journal of Statistical Software, 24(2). <http://www.jstatsoft.org/v24/i02/>.

9. Naumov V.N. Sredstva biznes-analitiki. SPb.: IPC SZIU-fil. RANHiGS, 2016. 107 с.

10. Комитет по информатизации и связи. Реестр государственных информационных систем Санкт-Петербурга. URL: <https://reestr-gis.spb.ru/> (дата обращения: 06.12.2020).

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004:621.656:504.064

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ РИСКОВ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Л.В. Зубова, кандидат экономических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Э.В. Коровин, доктор экономических наук;

Ю.А. Никитин, доктор экономических наук.

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

Проблема принятия управленческих решений усугубляется большим количеством выполняемых видов работ на различных стадиях и этапах при технологическом обеспечении разработки и постановки на производство ракетно-космической техники, которые не всегда протекают в условиях определенности, зачастую в неопределенности. В этой связи авторы предлагают методику категорирования потенциально опасных рисков кооперации предприятий военно-промышленного комплекса при разработке ракетно-космической техники в рамках государственного оборонного заказа.

Ключевые слова: риски, результат, безопасность, эффект, блок, стадия

METHODOLOGY FOR CATEGORIZING POTENTIALLY DANGEROUS RISKS OF THE SYSTEM OF TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

L.V. Zubova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

E.V. Korovin; Yu.A. Nikitin.

Military academy of logistics them. general of the army A.V. Khrulev

The problem of making management decisions is compounded by a large number of types of work performed at various stages and stages of the technological support for the development and production of the rocket and space technology products, which do not always occur in conditions of certainty, often in uncertainty. In this regard, the authors propose a method for categorizing potentially dangerous risks of cooperation of military-industrial complex enterprises in the development of rocket and space technology products within the framework of the state budget.

Keywords: risks, result, safety, effect, block, stage

Чрезвычайные ситуации (ЧС) военного времени представляют собой особую группу ЧС, возникающих на определенной территории, вызванных воздействием современных средств поражения на вооруженные силы, на объекты экономики и население, приводящих к человеческим жертвам, ущербу здоровья людей и окружающей природной среды,

значительным материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности населения. Ракетные войска стратегического назначения нашего государства представляют собой род войск Вооруженных сил Российской Федерации, являющиеся основным компонентом стратегических ядерных сил Российской Федерации посредством наращивания [1]. Уровень успешности создания перспективных образцов ракетно-космической техники (РКТ) зависит от принятия управленческих решений на уровне взаимодействия организаций-разработчиков и организаций-изготовителей изделий при технологическом обеспечении разработки и постановки на производство (ТОРП) изделий РКТ [2]. Принятие управленческих решений осуществляется при всех выполняемых работах при ТОРП, которые не всегда протекают в условиях определенности, зачастую в неопределенности. Ситуация еще усугубляется и тем, что неопределенность при создании изделия РКТ выступает средой для возникновения следующих групп рисков управления качеством и стоимостью:

- риски снижения качества выполняемых работ;
- риски снижения качества изделия, составных частей и т.д.;
- риски снижения необходимого количества изделий, составных частей и т.д.;
- риски увеличения сроков работ;
- риски увеличения стоимости работ.

Авторами рассмотрены существующие методы принятия управленческих решений в условиях неопределенности. Однако в доступной литературе не удалось найти подход к оценке рисков успешности выполнения Государственного оборонного заказа (ГОЗ) посредством категорирования рисков. Срок, качество и надежность являются критически важными факторами при повышении экономической эффективности разработки РКТ и при формировании цены на выполнение ГОЗ [3].

В связи с этим задачей было – разработка методики категорирования потенциально опасных рисков кооперации предприятий военно-промышленного комплекса (ВПК) при разработке РКТ в рамках ГОЗ. Посредством разработанной методики представится возможным:

- выявлять потенциально опасные риски кооперации предприятий ВПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ с целью их категорирования по качеству и стоимости;

- оценивать категорированные хозяйственные риски с учетом рискоустойчивости предприятий ракетно-космической промышленности без превентивных мероприятий (в состоянии бездействия);

- оценивать категорированные хозяйственные риски с учетом рискоустойчивости предприятий ракетно-космической промышленности в процессе воздействия на риск (то есть при устранении или снижении риска). Мероприятия по устранению или снижению риска должны включать в себя анализ наличия имеющихся ресурсов для перепроектирования изделия; замену недоступного изделия на аналогичный доступный; выделение средств на закупку элемента по более высокой стоимости; дополнительный мониторинг ситуации с целью определения момента наиболее вероятного возникновения риска (прогноз ситуации) и т.д. Подробный план превентивных мероприятий (ППМ) для каждого возможного риска (P_n) при разработке РКТ в рамках ГОЗ включает в себя мероприятия по устранению или снижению риска, где может послужить для написания программы обеспечения качества при разработке РКТ в рамках ГОЗ, представлен в работе [3], фрагмент в таблице;

- принимать управленческие решения, исходя из следующих критериев о приемлемости и/или допустимости рискоустойчивости участников кооперации, и о том, будут ли учитываться возможные комбинации рискоустойчивостей различных участков на определенный промежуток времени, и если да, то каким образом [4].

При реализации риска, который не был предусмотрен в плане управления рисками (ПУР), исполнитель должен уведомить заказчика и согласовать свои дальнейшие действия с ним. В этом случае заказчик может принять решение из следующих альтернатив:

- о выделении дополнительных средств для продолжения работы;

– о прекращении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), если цена риска для завершения НИОКР слишком (неоправданно) велика. Неоправданность совокупной цены риска определяется при соотношении ее с ожидаемым технико-экономическим эффектом (оценка перспектив внедрения и коммерциализации), производимым перед этапом экономического обоснования требуемых затрат на реализацию программного мероприятия (раздел XIII справки обоснования НИР ОКР), но после этапа обоснования необходимости (основания) выполнения данного мероприятия (раздел III справки обоснования НИР ОКР) [4]. Предварительный перечень рисков невыполнения работ в заданный срок с надлежащим качеством и определенной стоимостью, сформированный на этапе определения необходимости и обоснования целесообразности ГОЗ, может быть оценен методом фильтрации и ранжирования рисков с использованием матрицы [10], приведенной в табл. 1. Факторы оценки, приведенные в табл. 1, оказывают, по мнению авторов, наибольшее влияние на уровень успешности ТОРП (РКТ).

Перечень возможных рисков согласно каждому типу работы к типовой схеме управления ТОРП на уровне взаимодействия организаций-разработчиков и организаций-изготовителей изделия и критерии их оценки представлены в табл. 1.

Риски, имеющие средний и высокий уровень, могут быть источниками риска для выполнения ОКР.

В этой связи при определенных факторах риска и выявленных причинах возникновения рисков на уровне взаимодействия организаций-разработчиков и организаций-изготовителей изделий при ТОРП изделий РКТ должен быть разработан план минимизации рисков [5].

Для этого необходимо в первую очередь определить перечень возможных рисков. Далее посредством экспертной оценки необходимо определить вероятность возникновения каждого риска (от 0 до 1) с уровнем угрозы на процесс выполнения ОКР (с учетом рисков поставки составных частей). Затем необходимо определить перечень участников, взаимодействующих при выполнении заданных мероприятий в рамках НИР (ОКР). Согласно документам [1, 2] в табл. 2 представлены все участники кооперации (столб. 5–9), где предварительно определена совокупная стоимость риска:

$$CР_{ГОЗ} = ЦР_{этап} + I_p + P_{пр} + P_{прев},$$

где $CР_{ГОЗ}$ – совокупная стоимость хозяйственного риска ГОЗ; $ЦР_{этап}$ – цена хозяйственного риска на определенном этапе; $P_{прев}$ – затраты, связанные с минимизацией или ликвидацией последствий хозяйственного риска ГОЗ; I_p – издержки последствий хозяйственного риска; $P_{пр}$ – связанные с хозяйственным риском прочие расходы.

Например, у организации-разработчика на этапе поставки электронно-компонентной базы (ЭКБ) был выявлен (определена вероятность возникновения) риск (R_{11}), которому характерна временная незначительная задержка поставки ЭКБ (от суток до 1 недели) с ущербом для нее в сумме 350 000 руб. (зарплата сотрудникам, отчисления в пенсионный фонд, в Фонд социального медицинского страхования и т.д., коммунальные платежи, амортизация и т.д.) [6]. Однако возникли следующие издержки последствий риска ($I_p R_{11}$) в размере 30 000 руб. и связанные с хозяйственным риском прочие расходы ($P_{пр} R_{11}$) в размере 20 000 руб., например, удорожание коммунальных платежей или прибавились новые виды расходов (транспортные и т.д.) в сумме 50 000 руб.

Тогда совокупная стоимость риска ($CР_{ГОЗ R_{11}}$) на определенный момент времени составит:

$$CР_{ГОЗ R_{11}} = 350\,000 + 30\,000 + 20\,000 = 400\,000 \text{ руб.}$$

Мало того, увеличение сроков поставки ЭКБ всего на одну неделю у одного участника (организация-разработчик изделия; табл. 2, столбец 7) способствует уже у другого участника (организация-изготовитель опытных изделий; табл. 2, столбец 8) образованию нового риска (R_{13}) и вызывает более продолжительную задержку хода

выполнения ОКР (от одной недели до двух недель) с совокупной стоимостью риска ($CP_{\text{гоз } R_{12}}$) в размере 900 000 руб. Соответственно, из-за двух предыдущих рисков (R_{11}) и (R_{12}) возникает (R_{13}) с задержкой у третьего участника кооперации от двух недель до одного месяца (организация-изготовитель серийных изделий, табл. 2, столбец 9) с $CP_{\text{гоз } R_{13}}=1500\ 000$.

Таблица 1. Перечень возможных рисков к типовой схеме управления ТОРП на уровне взаимодействия организаций-разработчиков и организаций-изготовителей изделия и критерии их оценки

№ и шифр R	Исполнитель работы и код работы	Наименование работы	Фактор оценки	Высокий риск (*3)	Средний риск (*2)	Низкий риск (*1)	
$R_{\text{Зак } 1T}^1$ $R_{\text{Зак } 1K}^1$	Заказчик	1→2	Разработка директивного документа (ДД) о назначении ответственной организации-разработчика нового изделия и, при необходимости, организации-изготовителя серийных (опытных) изделий	Сроки разработки ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев
			Качество ДД	Менее 30 %	Менее 20 %	Менее 10 %	
$R_{\text{Закч } 2}$		2→3	Выдача организации-разработчику изделия ДД о закреплении организации-разработчика изделия	Сроки выдачи ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев
$R_{\text{Закч } 3}$		2→32	Выдача организации-изготовителю опытных изделий ДД о закреплении организации-изготовителя опытных изделий (при необходимости)	Сроки разработки ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев
			Качество ДД	Менее 30 %	Менее 20 %	Менее 10 %	
$R_{\text{Закч } 4}$		2→43	Выдача организации-изготовителю серийных изделий ДД о закреплении организации-изготовителя серийных изделий (при необходимости)	Сроки разработки ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев
			Качество ДД	Менее 30 %	Менее 20 %	Менее 10 %	
$R_{\text{Закч } 5}$	10→11	Подготовка ДД (приказа) о назначении главного технолога проекта изделия	Сроки выдачи ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев	
$R_{\text{Закч } 6}$	11→12	Выдача организации-разработчику изделия ДД о назначении главного технолога проекта изделия	Сроки разработки ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев	
		Качество ДД	Менее 30 %	Менее 20 %	Менее 10 %		
$R_{\text{Закч } 7}$	11→33	Выдача организации-изготовителю опытных изделий ДД о назначении главного технолога проекта изделия	Сроки разработки ДД	Более 12 месяцев	6–12 месяцев	Менее 6 месяцев	
		Качество ДД	Менее 30 %	Менее 20 %	Менее 10 %		

И все эти совокупные стоимости рисков участников кооперации образуют цену риска для государства в размере 2 млн 800 тыс. руб.:

$$(CP_{\text{рф}})=400\ 000+900\ 000+1\ 500\ 000=2\ 800\ 000.$$

А потеря во времени (временной ущерб) составляет:

7 дней+14 дней+30 дней=51 день.

То есть, риск задержки поставки ЭКБ всего на одном этапе вызвал простои у остальных исполнителей на других этапах, задержав развитие военно-экономической безопасности государства практически на два месяца, принеся ущерб только по одной группе риска 2 млн 800 тыс. руб. Здесь авторами выявлена закономерность увеличения цены государственного риска НИОКР от продолжительности времени реализации этапов жизненного цикла рисков участников кооперации [7]. На данном этапе возникает необходимость ввода понятий: скорость риска, время реализации риска, расстояние реализации риска время НИОКР, скорость превентивных мероприятий, скорость принятия решений, результаты рисков, превентивных мероприятий и оценка последствий реализованных решений в условиях риска НИОКР [8–9]. Таким же образом производится расчёт цены риска для государства и всех участников кооперации по следующим группам рисков (II Группа. Риски увеличения стоимости поставок ЭКБ; III Группа. Риски, связанные с процессами, осуществляемыми в объективно-существующей реальности; IV Группа. Риски, связанные с процессами, осуществляемыми в объективно-существующей реальности). При определении цены риска и совокупной стоимости рисков для всех участников кооперации ВПК еще не задействован показатель затрат в целом на НИОКР, что не позволяет определить эффективность последствий рисков [10–12].

Таблица 2. Комплексное оценивание допустимой рискоустойчивости государства с учетом возможных комбинаций рискоустойчивости участников ГОЗ (тыс. руб.)

Код риска	Код мероприятия	Количес- венная эксперт- ная оценка риска	Оценка совокупной стоимости последствий возможных групп (I–IV) рисков участников кооперации по вероятностным прогнозным данным экспертов (столбец 4) $CP_{ГОЗ} = CP_{этап} + I_p + P_{пр}$, руб.				
			5	6	7	8	9
			Государство (Σ столб. 6–9)	ГНИО по технологии, материалове- дению и стандарты защиты РКТ	Органи- зация- разработ- чик изделия	Организа- ция- изготови- тель опытных изделий	Организа- ция- изготови- тель серийных изделий
$P^I_{разр.изд.3}$ $2^{41 \rightarrow 42}$	$P^{I.1.1.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{I.1.2.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{I.1.3.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{I.1.4.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{I.1.5.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$	10			400 000		
$P^{II}_{разр.изд.3}$ $2^{41 \rightarrow 42}$	$P^{II.1.1.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{II.1.2.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{II.1.3.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{II.1.4.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$ $P^{II.1.5.}$ ·разр.изд. $32^{41 \rightarrow 42}$	20			900 000		
	ИТОГО: государственный риск – задержка		2 800 000				

ГНИО – главные научно-исследовательские организации

По результатам комплексного оценивания совокупной стоимости риска представляется возможным производить категорирование исполнителей и рисков, исходя из уровней рискоустойчивости в рамках выполнения ГОЗ.

Таким образом, по всем этапам разработки ТТП определяется возможный риск снижения качества изделий и затем – риски увеличения сроков выполнения мероприятий, направленных на повышение качества с заданной стоимостью. Далее определяем уровень

рискоустойчивости субъектов отдельно друг от друга и в момент возможных комбинаций рисков. Комбинация рисков образуется, когда один вид риска приводит к другому виду рисков, образуя простую или сложную: двухуровневую, трехуровневую и т.д. комбинацию рисков. При образовании сложной многоуровневой комбинации рисков необходимо выявлять первопричины момента неопределённости для возникновения риска и определять природу возникновения риска, созданного по вине исполнителя или возникшего независимо от действий исполнителя.

Категорирование происходит как по потенциально опасным рискам в виде определенных уровней рискоустойчивости субъектов, так и по лицам, принявшим решения при исполнении видов работ и управлении ими в рамках ГОЗ, включающее в себя следующие этапы:

- формирование исходных показателей, состоящих из: нормированных значений уровней рискоустойчивости (предельных значений) государства ($P_{устРФ}$) с учетом изменения сложности рисков комбинаций участников ГОЗ и нормированных значений уровней рискоустойчивости (предельных значений) ($P_{устГНИО}$, $P_{устИсп}$, $P_{уст.соисп}$);

- расчет цены вероятных рисков и вероятной рискоустойчивости предприятий ВПК при разработке РКТ и государства при их взаимодействии;

- комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода [11];

- расчет разрыва между прогнозными, предельными и фактическими уровнями рискоустойчивости государства и участников (исполнителей, соисполнителей и поставщиков изделий) ГОЗ ($\Delta P_{устГосуд}$; $\Delta P_{устИсп}$; $\Delta P_{устСоисп}$; $\Delta P_{устПоставщ}$);

- категорирование предполагаемых исполнителей, соисполнителей и поставщиков ($P_{устИсп}$, $P_{устСоисп}$ и $P_{устПостав}$) по уровням их рискоустойчивости перед выполнением ГОЗ с целью минимизации или ликвидации первичных рисков: риска банкротства предприятия ВПК ($P_{банкр}^1$) или риска нехватки денежных средств ($P_{нехв.д.с.}^1$), что так или иначе приводит к возникновению вторичных рисков: риска затягивания хода выполнения ГОЗ ($P_{затягГОЗ}^2$) или риска срыва ГОЗ ($P_{срывГОЗ}^2$);

- категорирование показателей совокупных стоимостей рисков и показателей совокупных стоимостей рисков комбинаций ($CP_{1\rightarrow 2}$) и ($CP_{комб1\rightarrow 2}$) по уровню их влияния на изменение цены ГОЗ в сторону ее увеличения или снижения;

- категорирование лиц, принимающих решения (ЛПР), по уровню способности к управлению рисками при разработке РКТ, выражающемуся в стоимости принятого решения ($С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$) и влияния стоимости на изменение фактической цены ГОЗ:

- $С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$, ликвидировавших риск ($P_{x\rightarrow y}$) или рисковую комбинацию ($CP_{комб}$);

- $С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$, минимизировавших риск ($P_{x\rightarrow y}$) или упростивших рисковую комбинацию ($CP_{комб}$);

- $С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$, создавших рисковую ситуацию (РС): увеличение уровня риска или усложнение рисков комбинации ($УР_{комб}$);

- $С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$, увеличивших скорость реализации риска ($С_{корP_{x\rightarrow y}}$) и скорость усложнения рисков комбинации ($Скор_{УР_{комб}}$) в сторону снижения цены ГОЗ;

- $С_{Решен}^{ШИФР,ФИО}$, увеличивших скорость реализации риска ($С_{корP_{x\rightarrow y}}$) и скорость усложнения рисков комбинации ($Скор_{УР_{комб}}$) в сторону увеличения цены ГОЗ.

На рис. 1 впервые представлен подход формирования баланса сегментации затрат на затраты рисков и безрисковых процессов.

На рис. 2 представлено полное содержание схемы методики категорирования потенциально опасных рисков кооперации предприятий ВПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ.

Актив		Пассив	
Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.
I. Затраты безрисковых процессов ГОЗ		Стоимость процессов в безр.усл.	
• СП ₁₋₂ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}	900 000	МАТЕРИАЛОВ ВИДОВ РАБОТ ОТЧИСЛ...	900 000
• СП ₂₋₃ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}		-СП1-2 -С.М-2 -СП1-2	200 000
• СП ₃₋₄ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}		-СП2-3... -С.М-2 -СП2-3...	60 000
• СП ₄₋₅ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}		Стоимость процессов в риск.усл.	
• СП ₅₋₆ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}		- СР от процесса	60 000
• СП ₇₋₈ ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}		- С _{риск} ^{шфр+120} , ликвидировавших риск (Р _{х→у}) или рисковую комбинацию (СР _{комб});	50 000
			- С _{риск} ^{шфр+120} , минимизировавших риск (Р _{х→у}) или упростивших рисковые комбинации (СР _{комб});
II. Затраты рисковых процессов ГОЗ		- СР _{риск} ^{шфр+120} , создавших рисковые ситуации (РС): увеличение уровня риска или усложнение рисковой комбинации (УР _{комб});	
• СР _{1>2} ^{01.01.2020 9.00млн>05.01.2020 12.00млн}	500 000	- С _{корРх→у} и скорость усложнения рисковой комбинации (Скор _{уркомб}) в сторону снижения цены ГОЗ;	50 000
• СР _{2>3} ^{05.01.2020 12.01млн>10.01.2020 19.00млн}		- С _{риск} ^{шфр+120} , увеличивших скорость реализации риска (С _{корРх→у}) и скорость усложнения рисковой комбинации (Скор _{уркомб}) в сторону снижения цены ГОЗ;	
• СР _{3>4} ^{10.01.2020 19.01млн>15.01.2020 18.45млн}		- С _{риск} ^{шфр+120} , увеличивших скорость реализации риска (С _{корРх→у}) и скорость усложнения рисковой комбинации (Скор _{уркомб}) в сторону увеличения цены ГОЗ;	
• СР _{4>5} ^{15.01.2020 18.46млн>22.01.2020 17.30млн}		В итоге должен сформироваться баланс по показателю совокупной стоимости рисков, возникших в ГОЗ количеству	
• СР _{5>6} ^{22.01.2020 17.31млн>10.02.2020 18.58млн}			
• СР _{7>8} ^{10.02.2020 18.59млн>10.03.2020 19.30млн}			
		1400 000	

Рис. 1. Баланс сегментации затрат на затраты рисковых и безрисковых процессов [авторская]

Таким образом, категорирование лиц, принимающих решения (ЛПР), в процессе выполнения ГОЗ позволяет произвести категорирование лиц по лицам:

- ликвидировавших риск (Р_{х→у}) или рисковую комбинацию (СР_{комб});
- минимизировавших риск (Р_{х→у}) или упростивших рисковые комбинации (СР_{комб});
- создавших рисковые ситуации (РС): увеличение уровня риска или усложнение рисковой комбинации (УР_{комб});
- увеличивших скорость реализации риска (С_{корРх→у}) и скорость усложнения рисковой комбинации (Скор_{уркомб}) в сторону снижения цены ГОЗ;
- увеличивших скорость реализации риска (С_{корРх→у}) и скорость усложнения рисковой комбинации (Скор_{уркомб}) в сторону увеличения цены ГОЗ.

Авторами данной статьи разработан научно-методический аппарат (НМА) комплексного оценивания рисков кооперации предприятий ВПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ, включающий в себя документационное обеспечение управлением рисками ГОЗ с полным перечнем показателей возможных рисков разработки РКТ и методикой определения результативности их последствий как к примененному, так и потреблённому капиталам в количестве более 1 200 шт. Поскольку в рамках данной статьи не представляется возможным представить его в полном объеме, то на рис. 3 представлен вариант применения НМА комплексного оценивания рисков кооперации предприятий ВПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ.

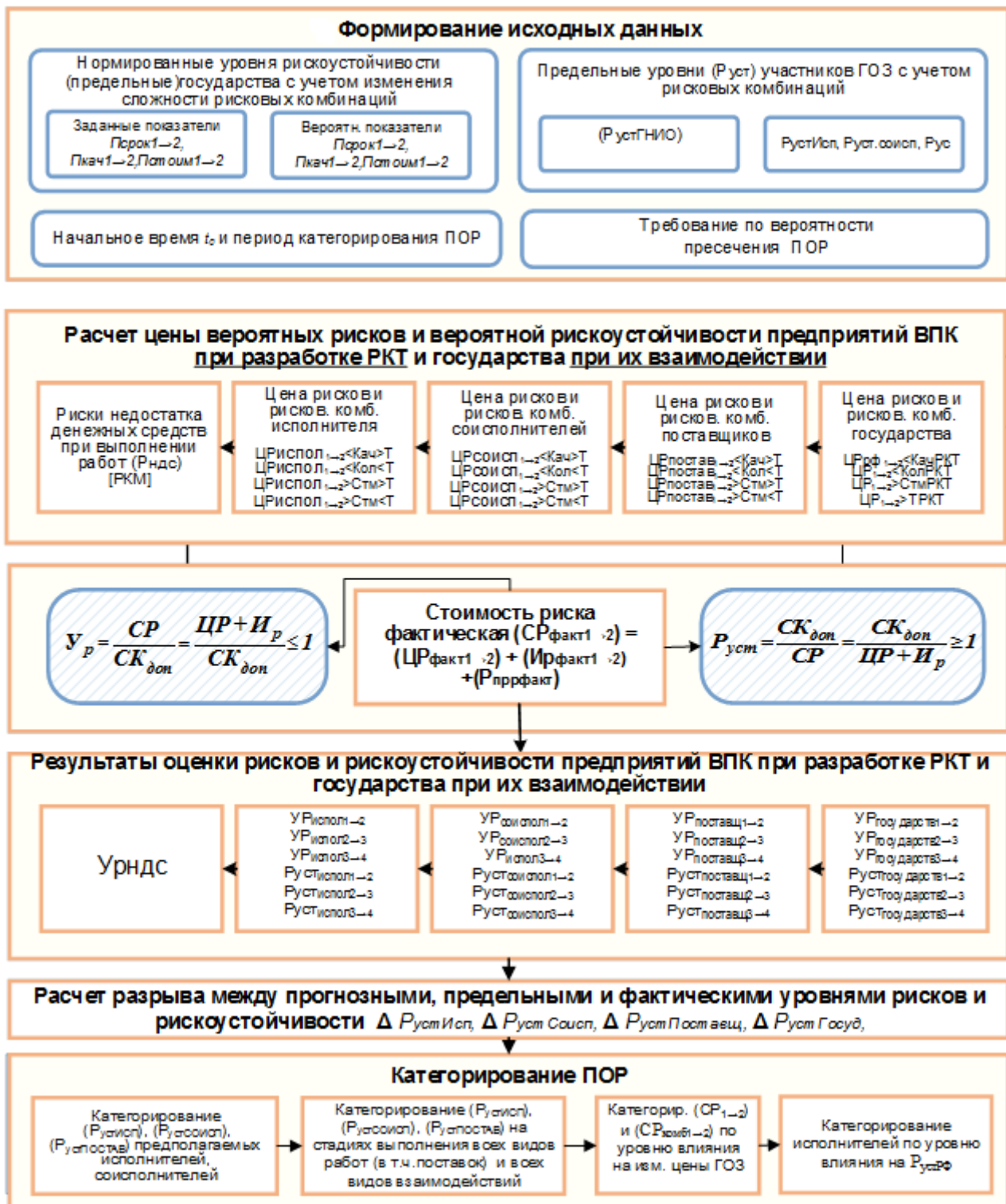


Рис. 2. Схема методики категорирования рисков ТОПР РКТ в рамках ГОЗ [авторская] ПОР – поисково-оценочные работы

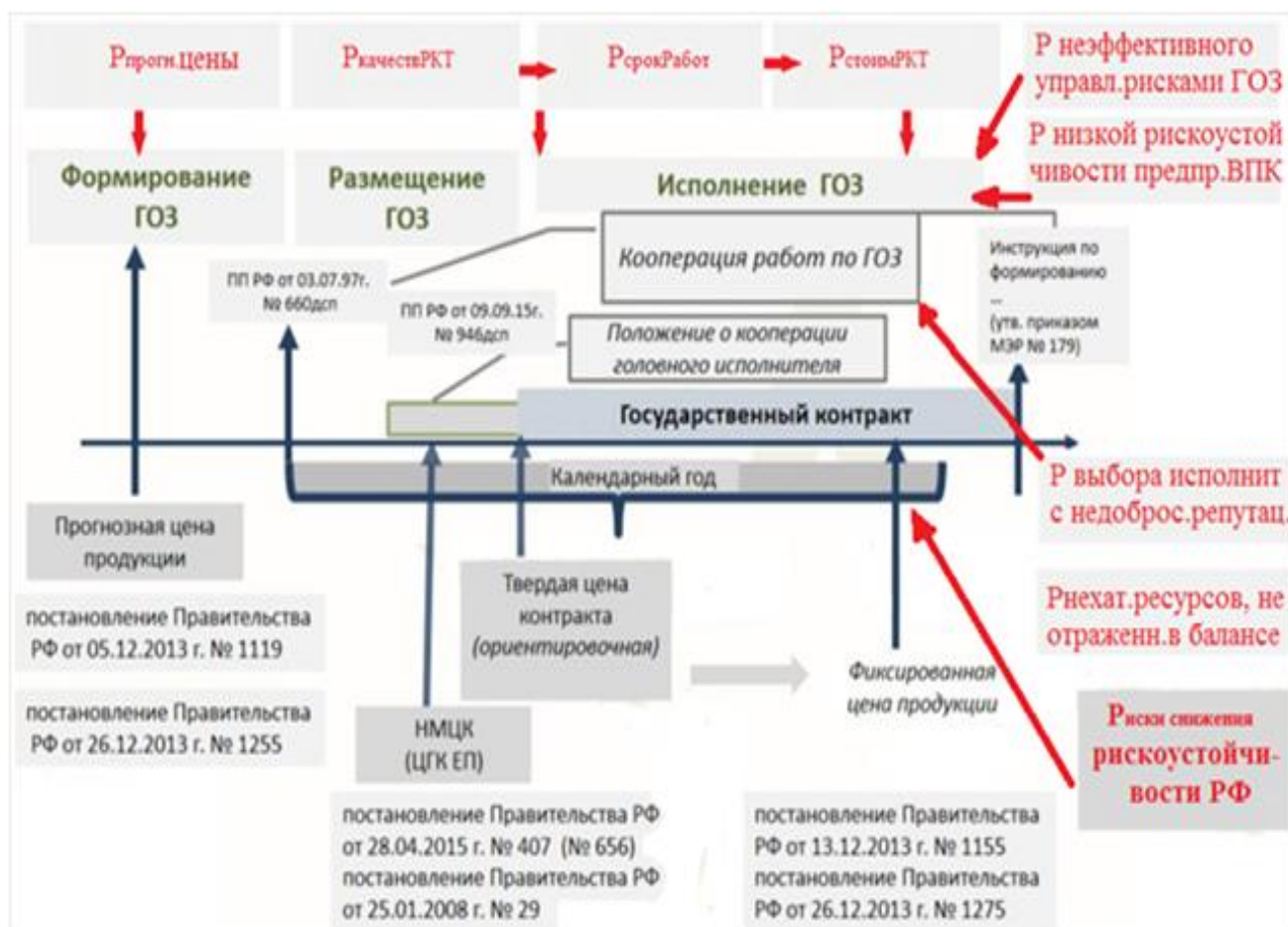


Рис. 3. Вариант применения нематериальных активов комплексного оценивания рисков кооперации предприятий ВПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ

Данная методика вносит существенный вклад в развитие перспективного ценообразования в сфере ГОЗ, так как у военно-промышленных предприятий до недавнего времени не было подобной мотивации. Все свои издержки они перекладывали на плечи заказчика, повышая цены на продукцию или услуги. Теперь они не могут так делать и должны искать другие пути [12]. Федеральная антимонопольная служба продолжает жестко работать со стимулами, внедряя показатели эффективности работы топ-менеджмента. Данная методика позволит предприятиям ВПК быть кристально чистыми в части исполнения всех видов работ ГОЗ, осуществляемых в рискованных и безрисковых условиях, категорировать ЛПР по способностям к экономии бюджетных средств Российской Федерации.

Литература

1. О стандартизации в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ. Ст. 26. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. ГОСТР 58125–2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы космические. Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Давыдянец Д.Е., Жидков В.Е., Зубова Л.В. К определению понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность» // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-6. С. 1294–1296.

4. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // Вооружение и экономика. 2020. № 2 (52). С. 95–102.

5. Зубова Л.В., Давыдянец Д.Е. Оценка эффекта и эффективности последствий рисков хозяйствующего субъекта с учетом обеспечения допустимой рискоустойчивости и необходимой конкурентоспособности // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2010. № 4. С. 186–190.

6. Zubova L., Yakovleva A., Stepanova T., Koneva O.V., Vanieva A. Methodology development to assess the contractor risk tolerance from the rocket and space technology life cycle stage // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. T. 8. № 4. С. 7894–7898.

7. Zubova L., Yakovleva A., Tregulova N., Vasenev S., Zibrova N. Development of a risk assessment system for the creation of space rocket technology // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. T. 9. № 1. С. 2745–2750.

8. Gotskaya N.R., Davydyants D.E., Karlik A.E., Petrov D.M. Comprehensive value of enterprise solutions and algorithm of risk level assessment technical sciences // Science and Society. 2018. T. 82. № 3. С. 111–121.

9. Zubova L.V., Kuzmin V.N., Sherstyuk A.V. Model of administration of managerial decisions based on estimation of risk-stability of enterprises // Economic problems and legal practice. 2018.

10. Зубова Л.В., Зубов А.О., Коровин Э.В. Методический подход оценивания пороговых значений экономической безопасности предприятий оборонно-промышленного комплекса в ходе выполнения государственного оборонного заказа: материалы Междунар. молодеж. науч. шк. / под ред. Л.И. Ушвицкого. Ставрополь: СЕКВОЙЯ, 2019. С. 136–140.

11. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // Научный журнал ВАК «Вооружение и экономика». 2020. № 1 (Ч. 52). С. 95–102.

12. Овчинников М. О перспективном ценообразовании в сфере ГОЗ // Новый оборонный заказ. Стратегии. 2018. № 3 (50).

References

1. О стандартизации в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 июня 2015 г. № 162-FZ. Ст. 26. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. GOSTR 58125–2018. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Sistemy kosmicheskie. Sistema tekhnologicheskogo obespecheniya razrabotki i postanovki na proizvodstvo izdelij kosmicheskoy tekhniki. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Davydyanc D.E., Zhidkov V.E., Zubova L.V. К определению понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность» // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 9-6. С. 1294–1296.

4. Zubova L.V., Kuz'min V.N., Sherstyuk A.V. Kompleksnaya ocenka predpriyatij-uchastnikov kooperacii pri vypolnenii nauchno-issledovatel'skih i opytно-konstruktorskih rabot na osnove risk-orientirovannogo podhoda // Vooruzhenie i ekonomika. 2020. № 2 (52). S. 95–102.

5. Zubova L.V., Davydyanc D.E. Ocenka efekta i effektivnosti posledstvij riskov hoz'yajstvuyushchego sub'ekta s uchetom obespecheniya dopustimoy riskoustojchivosti i neobhodimoy konkurentosposobnosti // Biznes v zakone. Ekonomiko-yuridicheskij zhurnal. 2010. № 4. S. 186–190.

6. Zubova L., Yakovleva A., Stepanova T., Koneva O.V., Vanieva A. Methodology development to assess the contractor risk tolerance from the rocket and space technology life cycle stage // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. T. 8. № 4. S. 7894–7898.

7. Zubova L., Yakovaleva A., Tregulova N., Vasenev S., Zibrova N. Development of a risk assessment system for the creation of space rocket technology // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. Т. 9. № 1. S. 2745–2750.

8. Gotskaya N.R., Davydyants D.E., Karlik A.E., Petrov D.M. Comprehensive value of enterprise solutions and algorithm of risk level assessment technical sciences // *Science and Society*. 2018. Т. 82. № 3. S. 111–121.

9. Zubova L.V., Kuzmin V.N., Sherstyuk A.V. Model of administration of managerial decisions based on estimation of risk-stability of enterprises // *Economic problems and legal practice*. 2018.

10. Zubova L.V., Zubov A.O., Korovin E.V. Metodicheskiy podhod ocenivaniya porogovykh znachenij ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatij oboronno-promyshlennogo kompleksa v hode vypolneniya gosudarstvennogo oboronno zakaza: materialy Mezhdunar. molodezh. nauch. shk. / pod red. L.I. Ushvickogo. Stavropol': SEKVOJYA, 2019. S. 136–140.

11. Zubova L.V., Kuz'min V.N., Sherstyuk A.V. Kompleksnaya ocenka predpriyatij-uchastnikov kooperacii pri vypolnenii nauchno-issledovatel'skih i opytно-konstruktorskih rabot na osnove risk-orientirovannogo podhoda // *Nauchnyj zhurnal VAK «Vooruzhenie i ekonomika»*. 2020. № 1 (Ch. 52). S. 95–102.

12. Ovchinnikov M. O perspektivnom cenoobrazovanii v sfere GOZ // *Novyj oboronnyj zakaz. Strategii*. 2018. № 3 (50).

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

УДК 159.9.07: 372.854

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА СЕМАНТИЧЕСКОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

**Ю.Г. Баскин, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
Г.Б. Свидзинская, кандидат химических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлен обзор публикаций по использованию метода семантического дифференциала в образовательном процессе для оценки отношения обучающихся к дисциплинам химического цикла. Отмечено, что применение методов психосемантики в психолого-педагогических исследованиях позволяет провести анализ мотивационно-смыслового отношения обучающихся к процессу получения знаний, учесть влияние как когнитивных, так и аффективных факторов. Охарактеризован опыт использования метода педагогической диагностики, разработанного на базе семантического дифференциала, в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

Ключевые слова: метод семантического дифференциала, образовательный процесс, педагогическая диагностика, предмет «Химия»

EXPERIENCE OF USING THE SEMANTIC DIFFERENTIAL METHOD IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Yu.G. Baskin; G.B. Svidzinskaya.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A review of publications on the use of the semantic differential method in the educational process to assess the attitude of students to the disciplines of the chemical cycle is presented. It is noted that the use of psychosemantic methods in psychological and pedagogical research allows analyzing the motivational and semantic attitude of students to the process of obtaining knowledge, with a glance at the influence of both cognitive and affective factors. Experience of using the method of pedagogical diagnostics developed on the semantic differential basis at the Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia is characterized.

Keywords: semantic differential method, educational process, pedagogical diagnostics, subject «Chemistry»

Образовательный процесс – это единая система учебно-воспитательной деятельности преподавателя и учебно-познавательной активности обучающихся, направленная на достижение поставленных целей и задач. Как подчеркивали А.А. Леонтьев и Е.Ю. Артемьева, преподавание – это не только механическая трансляция содержания предмета, но и передача субъективного опыта преподавателя. Именно во взаимодействии

субъективного опыта обучающегося и обучающего происходит становление их совместной семантики, именно это взаимодействие делает конкретные знания лично значимыми для индивида. Таким образом, преподавание становится не только процессом освоения новых компетенций, но и приобретения новых смыслов, вписывающихся в структуру субъективного опыта [1, 2]. Kahveci A. отмечала, что педагог должен работать как доктор, который лечит незнание и нежелание учиться, а мониторинг того, насколько успешно осуществляется этот процесс, является одной из основных задач педагогической диагностики [3].

Для построения эффективных систем обучения, воздействующих на системы смыслов обучающихся, необходимо понимать, как устроены исходные системы обучающихся и как они могут быть перестроены преподавателем в заданном направлении [2, 3].

Brandriet A.R., R.M. Ward, S.L. Bretz, J.Y. Chan, C.F. Bauer в своих публикациях утверждали, что на процесс обучения в равной степени оказывают влияние и когнитивные и эмоциональные факторы [4]. Серьезные исследования отношения обучающихся к предмету «Химия» с использованием сокращенного семантического дифференциала, проведенные в 2015–2016 гг. в Турции, подтвердили, что на результаты обучения оказывают влияние как базовые знания по предмету, так и интеллектуальная, и эмоциональная составляющие [3].

Chan J.Y. в своей работе, посвященной изучению влияния аффективных факторов на процесс обучения и успеваемость студентов-первокурсников на примере дисциплины «Общая химия», отмечает, что, особенно на младших курсах, такие факторы, как отношение к предмету, самооценка и мотивация, имеют определяющее значение. Рассматривая мотивацию как многомерную конструкцию, состоящую из трех составляющих: ценность получаемых знаний для обучающегося, удовлетворенность от процесса обучения и повышение его самооценки, боязнь совершить ошибку на экзамене, автор отмечает, что эмоциональная неудовлетворенность при изучении дисциплины оказывает разрушающее влияние на все три компонента, а негативное отношение к предмету не позволяет сформировать мотивацию к получению знаний [4].

Традиционный подход, основанный на когнитивных оценках, контроле и анализе успеваемости, не позволяет определить формы и методы стимулирования учебной деятельности и сформировать положительное отношение к учебной дисциплине, стремление к ее изучению. Важно учитывать эмоциональное восприятие процесса обучения, условия и динамику этого восприятия в ходе освоения дисциплины. Контроль за эмоциональным состоянием обучающихся, мониторинг отношения к предмету в процессе обучения можно вести, используя психосемантические методы.

Следует отметить, что в России использование методов психосемантики для изучения отношения к предмету в ходе освоения дисциплины и последующего использования полученных знаний в практической деятельности, создания и корректировки учебных программ и планов, разработки методических рекомендаций для преподавателей должного распространения не получило. Напротив, в мировой психолого-педагогической практике эти методы повсеместно применяются для анализа процесса обучения химии, математике, биологии и других, преимущественно естественнонаучных дисциплин [5–8].

В 1973 г. T.O. Maguire опубликовал статью, в которой обосновал применимость метода семантического дифференциала в совокупности с факторным анализом к исследованию отношения респондентов к определенным объектам, в частности, преподаваемым дисциплинам [9].

В 1977 г. R. Schibeci, исследуя отношение школьников к предмету «Химия» в Австралии, показал, что при обработке данных, полученных методом факторного анализа, можно выделить три основных фактора, которые он назвал: интерес к предмету, полезность и безопасность. Проведя исследование с помощью шкал Лайкерта и бланков семантического дифференциала, автор выявил 90 % сходимость результатов, полученных обоими методами, однако отметил, что метод семантического дифференциала является более удобным в подобных исследованиях [10].

Следует отметить, что шкалы Лайкерта до сих пор являются наиболее широко применяемым способом оценивания отношения обучающихся к предмету «Химия». Разработанные вопросники содержат от 12 до 76 вопросов, касающихся отношения к изучаемому предмету [3, 10–12]. На сегодняшний день среди исследователей нет единого мнения, какой из методов (шкала Лайкерта или семантический дифференциал) является предпочтительным. Хотя метод семантического дифференциала применяется реже, он, как считают А. Kahveci и Х. Ху, обладает рядом преимуществ, по сравнению со шкалами Лайкерта:

- чтение длинных вопросов в шкалах Лайкерта вызывает усталость и потерю интереса к исследованию среди респондентов, что снижает точность получаемых результатов;
- проведение анкетирования требует меньшего количества времени [3].

Кроме того, в ходе прохождения опроса методом семантического дифференциала респондент не отвечает на конкретные вопросы, соответственно, не может предугадать его конечный результат, что особенно актуально при проведении исследования среди учащихся вузов силовых структур, где организация воспитательного и учебного процесса в системе «начальник-подчиненный» затрудняет порой получение объективных результатов [8].

В 2003 г. J. Dalgety с соавторами предложил семибальную шкалу семантического дифференциала, состоящую из 17 антонимов, для изучения отношения к предмету «Химия» в старших классах школ. Была проанализирована «самоэффективность» обучающихся, то есть их вера в результативность собственных действий и то, насколько успех от реализации этих действий совпал с ожиданиями обучающихся [13].

В 2008 г. С.Ф. Вауер опубликовал работу, в которой обосновал возможность использования специализированного семантического дифференциала для исследования отношения студентов университета к предмету «Химия». Разработанная им анкета состояла из семибальной шкалы и 20 антонимов, которые были подобраны так, что, во-первых, были понятны всем обучающимся, а во-вторых, исключались метафорические антонимы и использовались те прилагательные, которые описывали химию, прежде всего, как учебную дисциплину. В качестве объекта исследования С.Ф. Вауер выбрал студентов, обучающихся на разных факультетах, то есть химия не была для большинства из них профилирующей дисциплиной. Данные, полученные после анкетирования, обрабатывались методом факторного анализа. В результате были выделены три основных фактора: интеллектуальная доступность предмета, интерес к химии и ее полезность и тревожность. Кроме того, С.Ф. Вауер отметил существование двух дополнительных неявных факторов, назвав их страхом и эмоциональным удовлетворением. Анализ факторной структуры показал, что чувство тревоги и страх снижаются по мере освоения дисциплины, а эмоциональная удовлетворенность предметом возрастает. Чем ниже базовые знания по предмету, тем выше показатели тревожности в ходе обучения. Фактор интеллектуальной доступности при этом меняется мало, что доказывает важную аксиому: чем больше человек знает о предмете, тем меньше у него ощущение, что он уже знает все. Кроме того, результаты анализа указывали на то, что между отношением к предмету и показателями успеваемости нет прямой зависимости. Проведенные исследования отразили роль эмоциональной составляющей при изучении предмета, доказали применимость метода семантического дифференциала при анализе динамики этого отношения в ходе прохождения дисциплины и легли в основу последующих работ по оценке отношения разных групп обучающихся к предмету «Химия» по всему миру [14].

Исследования отношения к предмету «Химия» С.Ф. Вауер(а) были продолжены им в соавторстве с J.Y. Chan и касались формирования мотивации к изучению дисциплины, особенно на младших курсах университета, работы в группах, гендерных различий. Авторы расширили исследовательские методики и кроме бланков семантического дифференциала применяли шкалы Лайкерта, а при статистической обработке данных использовали как факторный, так и кластерный анализ. Было показано, что положительное отношение к предмету и мотивацию к его изучению следует формировать, начиная с первого курса.

Отсутствие базовых знаний приводит к снижению самооценки, нарастанию тревожных настроений, особенно среди девочек. Студенты лишь в редких случаях могут ликвидировать недостаток базовых знаний по предмету самостоятельно. Авторы выяснили, что время, которое студент затрачивает на подготовку к занятиям в одиночку, мало влияет на его успеваемость. Эффективно ликвидировать пробелы в знаниях можно только при личном контакте с преподавателем или более сильными студентами. Кроме того, результаты анализа свидетельствовали о том, что отношение к учебе у первокурсников более положительное и снижается при переходе на второй курс университета у всех групп испытуемых [4].

Метод С.Ф. Вауер(a) нашел широкое применение во многих университетах и других учебных заведениях по всему миру. Brown S.J. с соавторами использовали его для качественной оценки отношения к предмету «Химия» в Тихоокеанском университете. Исследовав зависимость отношения к предмету и академической успеваемости, S.J. Brown подтвердил вывод С.Ф. Вауер(a), что между отношением к химии и оценкой по дисциплине нет прямой зависимости, так как на успеваемость могут влиять гендерные факторы, особенности характера, взаимоотношения с родителями, финансовая ситуация и т.д. [15].

Большой вклад в исследование отношения студентов к предмету «Химия» внесла американский химик и исследователь Xiaoying Xu. В своих работах она обосновала возможность использования сокращенного метода семантического дифференциала для объективной оценки отношения обучающихся к химическим дисциплинам и числового выражения такого понятия, как «эмоциональное удовлетворение», показала, что метод позволяет предсказать успешность в освоении дисциплины студентами в ходе обучения. В сокращенном варианте разработанная ею бланк-анкета содержит восемь пар антонимов, которые образуют двухфакторную структуру: интеллектуальная доступность предмета (когнитивный компонент) и эмоциональное удовлетворение (аффективный компонент). Уменьшение количества переменных в анкете позволило добиться большей стабильности в результатах исследования, а также облегчило использование данного метода при исследовании отношения к предмету «Химия» в странах с различными культурными особенностями. Результаты, полученные Х. Ху с соавторами в Австралии и Саудовской Аравии, позволили сделать вывод о том, что происхождение и воспитание обучающихся накладывает отпечаток на восприятие предлагаемых в анкете шкал, то есть к созданию и использованию бланков семантического дифференциала следует подходить персонализировано, учитывая культурные особенности респондентов. Так переменные «перспективный-неперспективный» в США и Австралии были восприняты как позитивные и отнесены к фактору интеллектуальной доступности, а в Саудовской Аравии как негативные и отнесены к фактору эмоциональной удовлетворенности предметом [16].

Психосемантические методы анализа с использованием многомерного шкалирования с целью улучшения педагогической диагностики и выявления влияния эмоциональных факторов на отношение к предмету в ходе преподавания химических дисциплин применялись в разные годы в Греции, Португалии, Германии, Финляндии, Чехии, Сингапуре, Индонезии, Малазии, Чили [11, 12, 17, 18].

Использовался метод семантического дифференциала и для анализа гендерных особенностей отношения к предмету «Химия» среди учащихся школ, колледжей и вузов. Оказалось, что интерес к предмету очень сильно зависит от национальных и социокультурных особенностей респондентов, исходного уровня подготовки и длительности изучения предмета студентами.

Эксперименты, проведенные в Малазии, показали, что отношение к химии улучшается по мере освоения дисциплины у всех групп обучающихся, но девушки заинтересованы в изучении предмета больше, чем молодые люди. Напротив, согласно исследованиям, проведенным в Израиле, США, Австралии, Великобритании, Греции, Португалии и Финляндии, девушки считают химию скучной, сложной и бесполезной, юноши, напротив, относятся к изучению химии более позитивно [11, 12, 16, 17].

С другой стороны, L. Rüschenpöhler и S. Markic, проводя исследования среди студентов немцев немецкого и турецкого происхождения, определили, что в отношении к химии, даже в одной стране, ярко выражены национальные особенности. Они обнаружили, что юноши – немцы немецкого происхождения изучают химию с большим интересом, чем местные девушки немки. Наоборот, среди немцев турецкого происхождения позитивное отношение к химическим дисциплинам демонстрируют именно девушки [18].

Изучая вопросы мотивации к обучению методом семантического дифференциала, J.Y. Chan определила, что у молодых людей обычно выше самооценка (большой вес факторных нагрузок, характеризующих эмоциональную удовлетворенность и интеллектуальную доступность), девушки же более эмоциональны и тревожность растет у них по мере приближения к экзаменационной сессии. В результате на младших курсах негативное отношение к химии у девочек выражено гораздо сильнее, чем у мальчиков [4].

Кроме дисциплин химического цикла методы многомерного шкалирования использовались для анализа отношения обучающихся к другим дисциплинам: математике, физике, биологии, физиологии. Однако подавляющее большинство исследований касается именно химии. Выбор химии в качестве предмета исследования обусловлен тем, что в ходе изучения эта дисциплина требует широкого спектра педагогических практик: студенты осваивают теоретический лекционный курс, используют расчетные методы на практических занятиях, осуществляют экспериментальные исследования в лабораториях. С другой стороны, изучаемые в курсе химии темы связаны с окружающей действительностью: загрязнение окружающей среды, качество пищевых продуктов, медицина, использование бытовой химии и, конечно, пожары и их ликвидация, аварии на шахтах, последствия стихийных бедствий [19].

В российских вузах психосемантические методы используются в основном психологами для оценки отношения к риску или поведения человека в чрезвычайной ситуации (ЧС) и не применяются в педагогической практике для целей диагностики качества обучения и отношения к изучаемым предметам. При этом изучению предметов, непосредственно связанных с профессиональной деятельностью, в высших учебных заведениях МЧС России предшествует цикл базовых дисциплин, закладывающих основу для последующей инженерной и специальной подготовки. Так особая роль в современной системе профессионально-технической подготовки пожарных и спасателей отводится именно математическим и естественнонаучным дисциплинам [19]. Знание основных физических законов, понимание механизмов химических реакций, протекающих на пожаре, умение применять математический аппарат для оценки и прогнозирования природных и техногенных катастроф позволяет сформировать у обучающегося целостное представление о месте человека в мире, создать специалиста, способного оперативно оценить опасность и динамику развития ЧС, дать быстрые и точные рекомендации по ее предотвращению или ликвидации. В вузах МЧС России предмет «Химия» входит в блок базовых дисциплин, являясь основой для последующей инженерной и специальной подготовки экспертов, пожарных и спасателей высшей квалификации, формирует базу для изучения теоретических основ процессов горения и тушения, пожарной безопасности технологических процессов, пожарной техники и тактики, методов проведения пожарно-технических экспертиз и других специальных дисциплин [7].

Необходимость наличия объективной оценки отношения к базовым дисциплинам у курсантов, слушателей и студентов, получающих образование в университете, способствовала разработке на базе семантического дифференциала универсального метода педагогической диагностики, учитывающего как когнитивный, так и аффективный компонент процесса обучения. В ходе исследования решались следующие экспериментальные задачи:

– анализ мотивационно-смыслового отношения обучающихся по разным специальностям и направлениям подготовки к предмету «Химия» непосредственно в ходе

изучения дисциплины на младших курсах университета и трансформация этого отношения на старших курсах, когда преподавание базовых дисциплин уже завершено [5–8, 19];

– анализ отношения обучающихся на бюджетной и платной основе к предмету «Химия» [6];

– изучение гендерных особенностей отношения к изучаемым предметам на примере дисциплины «Химия» [20];

– анализ влияния академической успеваемости и отношения к предмету на качество подготовки будущих специалистов [7, 19];

– возможность использования метода семантического дифференциала для целей педагогической диагностики, повышения качества обучения и совершенствования методического обеспечения учебного процесса [5–8, 19, 20].

Проведенные исследования показали, что метод педагогической диагностики, разработанный на базе семантического дифференциала в сочетании с факторным анализом и графической обработкой результатов анкетирования, может с успехом применяться в психолого-педагогических исследованиях для оценки и мониторинга отдельных компонентов образовательного процесса и отношения к изучаемым дисциплинам в высших учебных заведениях различного профиля.

Литература

1. Леонтьев А.А. Психологическая структура значения // Семантическая структура слова. Психолингвистические исследования. М., Наука, 1971. 216 с.

2. Артемьева Е.Ю. Психология субъективной семантики. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 136 с.

3. Kahveci A. Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential // Chemistry Education Research and Practice. 2015. V. 16. № 2. P. 283–292.

4. Chan J.Y., Bauer C.F. Learning and Studying Strategies used by General Chemistry Students with Different Affective Characteristics // Chemistry Education Research and Practice. 2016. V. 17. № 4. P. 675–684.

5. Svidzinskaya G.B., Baskin Y.G., Mezentseva M.E. Using the Semantic Differential Method to assess the learning motivation and attitude of first-year students' towards chemistry in University of Emercom of Russia // International Journal of Education and Practice. 2019. V. 7. № 2. P. 88–100.

6. Mezentseva M.E., Svidzinskaya G.B. Semantic differential method as a pedagogical diagnostics tool in University learning process // 18th PCSF 2018 Professional Culture of the Specialist of the Future: in the European Proceedings of Social & Behavioural Sciences, St. Petersburg. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 2018. V. LI. № 57. P. 528–537.

7. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б., Свидзинская А.С. Изучение отношения учащихся вузов МЧС России к предмету «Химия» с использованием метода семантического дифференциала // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. университета ГПС МЧС России». 2017. № 4. С. 155–162.

8. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б., Свидзинская А.С. Использование метода семантического дифференциала в психолого-педагогических исследованиях в вузах МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. университета ГПС МЧС России». 2018. № 1. С. 93–100.

9. Maguire T.O. Semantic differential methodology for the structuring of attitudes // American Educational Research Journal. 1973. V. 10. № 4. P. 295–306.

10. Schibeci R. Attitudes to science: A semantic differential instrument // Research in Science Education. 1977. V. 7. № 1. P. 149–155.

11. Salta K., Tzougraki C. Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece // Science Education. 2004. V. 88. № 4. P. 535–547.

12. Kousa P., Kavonius R., Aksela M. Low-achieving students' attitudes towards learning chemistry and chemistry teaching methods // *Chemistry Education Research and Practice*. 2018. V. 19. № 2. P. 431–441.

13. Dalgety J., Coll R.K., Jones A. Development of chemistry attitudes and experiences questionnaire (CAEQ) // *Journal of research in science teaching*. 2003. V. 40. № 7. P. 649–668.

14. Bauer C.F. Attitude toward Chemistry: A semantic differential instrument for assessing curriculum impacts // *Journal of Chemical Education*. 2008. V. 85. № 10. P. 1440–1445.

15. Attitude to the Study of Chemistry and Its Relationship with Achievement in an Introductory Undergraduate Course / S.J. Brown [et al.] // *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*. 2015. V. 15. № 2. P. 33–41.

16. Kahveci M., Orgill M.K. (ed.). *Affective dimensions in chemistry education*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. 318 p.

17. Vilia P., Candeias A.A. Attitude towards the discipline of physics-chemistry and school achievement: revisiting factor structure to assess gender differences in Portuguese high-school students // *International Journal of Science Education*. 2020. V. 42. № 1. P. 133–150.

18. Rüschenpöhler L., Markic S. Secondary school students' chemistry self-concepts: gender and culture, and the impact of chemistry self-concept on learning behaviour // *Chemistry Education Research and Practice*. 2020. V. 21. P. 209–219.

19. Баскин Ю.Г., Свидзинская Г.Б., Шифф В.К. Использование метода семантического дифференциала для педагогической диагностики отношения к процессу обучения на примере дисциплины «Химия» // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. университета ГПС МЧС России»*. 2019. № 3. С. 174–181.

20. Свидзинская Г.Б. О гендерных различиях в отношении к изучаемым предметам на примере дисциплин химического цикла // *Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 309–316.

References

1. Leont'ev A.A. *Psihologicheskaya struktura znacheniya* // *Semanticheskaya struktura slova. Psiholingvisticheskie issledovaniya*. M., Nauka, 1971. 216 s.

2. Artem'eva E.Yu. *Psihologiya sub"ektivnoj semantiki*. M.: Izd-vo LKI, 2007. 136 s.

3. Kahveci A. Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential // *Chemistry Education Research and Practice*. 2015. V. 16. № 2. P. 283–292.

4. Chan J.Y., Bauer C.F. Learning and Studying Strategies used by General Chemistry Students with Different Affective Characteristics // *Chemistry Education Research and Practice*. 2016. V. 17. № 4. P. 675–684.

5. Svidzinskaya G.B., Baskin Yu.G., Mezentseva M.E. Using the Semantic Differential Method to assess the learning motivation and attitude of first-year students' towards chemistry in University of EMERCOM of Russia // *International Journal of Education and Practice*. 2019. V. 7. № 2. P. 88–100.

6. Mezentseva M.E., Svidzinskaya G.B. Semantic differential method as a pedagogical diagnostics tool in University learning process // *18th PCSF 2018 Professional Culture of the Specialist of the Future: in the European Proceedings of Social & Behavioural Sciences*, St. Petersburg. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 2018. V. LI. № 57. P. 528–537.

7. Baskin Yu.G., Svidzinskaya G.B., Svidzinskaya A.S. *Izuchenie otosheniya uchashchihsya vuzov MCHS Rossii k predmetu «Himiya» s ispol'zovaniem metoda semanticheskogo differenciala* // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. universiteta GPS MCHS Rossii»*. 2017. № 4. S. 155–162.

8. Baskin Yu.G., Svidzinskaya G.B., Svidzinskaya A.S. *Ispol'zovanie metoda semanticheskogo differenciala v psihologo-pedagogicheskikh issledovaniyah v vuzah MCHS*

Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. universiteta GPS MCHS Rossii». 2018. № 1. S. 93–100.

9. Maguire T.O. Semantic differential methodology for the structuring of attitudes // *American Educational Research Journal*. 1973. V. 10. № 4. P. 295–306.

10. Schibeci R. Attitudes to science: A semantic differential instrument // *Research in Science Education*. 1977. V. 7. № 1. P. 149–155.

11. Salta K., Tzougraki C. Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece // *Science Education*. 2004. V. 88. № 4. P. 535–547.

12. Kousa P., Kavonius R., Aksela M. Low-achieving students' attitudes towards learning chemistry and chemistry teaching methods // *Chemistry Education Research and Practice*. 2018. V. 19. № 2. P. 431–441.

13. Dalgety J., Coll R.K., Jones A. Development of chemistry attitudes and experiences questionnaire (CAEQ) // *Journal of research in science teaching*. 2003. V. 40. № 7. P. 649–668.

14. Bauer C.F. Attitude toward Chemistry: A semantic differential instrument for assessing curriculum impacts // *Journal of Chemical Education*. 2008. V. 85. № 10. P. 1440–1445.

15. Attitude to the Study of Chemistry and Its Relationship with Achievement in an Introductory Undergraduate Course / S.J. Brown [et al.] // *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*. 2015. V. 15. № 2. P. 33–41.

16. Kahveci M., Orgill M.K. (ed.). *Affective dimensions in chemistry education*. Springer Berlin Heidelberg, 2015. 318 r.

17. Vilia P., Candeias A.A. Attitude towards the discipline of physics-chemistry and school achievement: revisiting factor structure to assess gender differences in Portuguese high-school students // *International Journal of Science Education*. 2020. V. 42. № 1. P. 133–150.

18. Rüschenpöhler L., Markic S. Secondary school students' chemistry self-concepts: gender and culture, and the impact of chemistry self-concept on learning behaviour // *Chemistry Education Research and Practice*. 2020. V. 21. P. 209–219.

19. Baskin Yu.G., Svidzinskaya G.B., Shiff V.K. Ispol'zovanie metoda semanticheskogo differenciala dlya pedagogicheskoy diagnostiki otnosheniya k processu obucheniya na primere discipliny «Himiya» // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. universiteta GPS MCHS Rossii». 2019. № 3. S. 174–181.

20. Svidzinskaya G.B. O gendernyh razlichiyah v otnoshenii k izuchaemym predmetam na primere disciplin himicheskogo cikla // Aktual'nye voprosy estestvoznaniya: sb. materialov IV Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. S. 309–316.

УДК 378.096, 614.0.06

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПЫТА ООН ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ К УЧАСТИЮ В ОПЕРАЦИЯХ ГУМАНИТАРНОГО ХАРАКТЕРА

С.Н. Писарев, кандидат военных наук;

В.А. Шклярник, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Тема статьи predetermined необходимостью учета стандартов и опыта ООН при подготовке специалистов МЧС России к участию в международных операциях и действиях гуманитарного характера по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в любой точке земного шара.

Ключевые слова: ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, стандарты ООН, обучение специалистов МЧС России, радиообмен на английском языке, безопасность жизнедеятельности

ON THE NEED TO APPLY EXPERIENCE UN FOR TRAINING SPECIALISTS OF EMERCOM OF RUSSIA TO PARTICIPATE IN OPERATIONS OF A HUMANITARIAN CHARACTER

S.N. Pisarev; V.A. Shklyarik.

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

The topic of the article is predetermined by the need to take UN standards and experience into account when preparing specialists of EMERCOM of Russia to participate in international operations and humanitarian actions to eliminate the consequences of natural and man-made emergencies anywhere in the world.

Keywords: liquidation of consequences of natural and man-made emergencies, UN standards, training of specialists of EMERCOM of Russia, radio communication in english, life safety

За последние 50 лет наблюдается устойчивая тенденция роста числа катастроф природного и техногенного характера. Наличие в открытом доступе официальных и неофициальных источников с информацией различных аналитических агентств и ведомств о фактической и прогнозируемой обстановке в области гуманитарных кризисов и катастроф предоставляет правительствам разных государств возможность своевременно реагировать и снижать негативные последствия возникновения той или иной чрезвычайной ситуации (ЧС) [1, 2]. Рост числа человеческих жертв и экономического ущерба от катастроф и аварий ставит перед мировым сообществом необходимость объединять свои усилия, чтобы эффективнее противостоять этим вызовам [3, 4]. Для этого необходимо иметь хорошо подготовленные силы и средства.

Начиная с середины 80-х гг. ООН на практике, а с начала 90-х гг. прошлого столетия и юридически на основании Резолюций Генеральной Ассамблеи ООН № 46/182 1992 г. «Об укреплении координации в области чрезвычайной гуманитарной помощи ООН» и № 57/150 от 16 декабря 2002 г. «Повышение эффективности и координации международных поисково-спасательных операций» закрепила за собой роль лидера

и координатора в проведении таких операций. Практически все департаменты, агентства и ведомства ООН вовлечены в сферу чрезвычайной гуманитарной деятельности, но основными структурами, отвечающими за координацию действий спасателей в международных операциях [5], выработку нормативов их от мобилизации и подготовки, являются:

– The United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) <https://www.unocha.org/> (Управление по координации гуманитарных вопросов) отвечает за реагирование ООН на сложные ЧС и природные бедствия, координацию гуманитарной помощи, разработку политики гуманитарной пропаганды;

– The United Nations Disaster Assessment and Coordination (UNDAC) <https://www.unocha.org/our-work/coordination/un-disaster-assessment-and-coordination-undac> (Группа Организации Объединённых наций по оценке последствий стихийных бедствий и координации) предназначена для оказания помощи правительствам стран, пострадавших от стихийных бедствий в ходе первого этапа реагирования на внезапно возникшие ЧС. Миссия UNDAC разворачивается в кратчайший срок (12–48 часов) в любой точке мира (проведена 281 операция по реагированию на ЧС в 110 странах);

– OCHA On-Site Operations Coordination Centre (OSOCC) <https://www.unocha.org/our-work/coordination/site-operations-coordination-centre-osocc> (Оперативный координационный центр, в том числе как виртуальный центр оповещения и координации в рамках системы глобальных катастроф);

– OCHA Emergency Response Support Branch (ERSB) https://www.unocha.org/sites/unocha/files/UNDAC%20ToRs_ENG_2019.pdf (Отдел поддержки чрезвычайного реагирования OCHA);

– International Search and Rescue Advisory Group (INSARAG) <https://www.unocha.org/our-work/coordination/international-search-and-rescue-advisory-group-insarag> (Международная поисково-спасательная консультативная группа) отвечает за установление стандартов и аттестацию международных команд USAR (поисково-спасательных отрядов), а также методологию международной координации мер реагирования по ликвидации последствий ЧС.

Вся деятельность ООН буквально пронизана двумя словами «Safety and Security» (безопасность и охрана), что предопределяет особое внимание к вопросам безопасности персонала ООН и привлекаемых контингентов разных стран мира. В районах ЧС спасатели подвергаются воздействию таких факторов, как: последствия природных и техногенных катаклизмов, деятельность враждующих группировок и групп людей с оружием, мародеров и беженцев, недружелюбное отношение местного населения, наличие минной опасности и неразорвавшихся боеприпасов, неблагоприятная экологическая и эпидемиологическая обстановки, угроза укусов опасных для человека насекомых и змей, плохие дорожные условия и пр. Эти условия отягощены наличием языкового барьера, и знание единых правил ведения радиообмена на английском языке становится обязательным для всех категорий спасателей.

Возрастание роли и значения международного сотрудничества в операциях и действиях гуманитарного характера по ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера в любой точке земного шара предъявляют особые требования к готовности, организации взаимодействия и подготовке контингентов стран-участниц [6]. Вышесказанное в полной мере относится к специалистам МЧС России и ставит новые задачи по их качественной подготовке на основе единых международных стандартов для участия в миротворческих, поисковых, аварийно-спасательных, эвакуационных, природоохранных и других международных операциях [7]. Такая работа начата и уже проведены аттестации спасателей поисково-спасательных отрядов в Хабаровске, Красноярске, Ногинске и других городах по методике INSARAG.

В любых операциях и действиях, а в международных особенно, большое значение имеет взаимодействие между и внутри групп спасателей. Эффективное взаимодействие

невозможно без устойчивой оперативной связи и в первую очередь радиосвязи в радиотелефонном режиме, особенно на начальных этапах спасательных работ. В районах ЧС это дополнительно обусловлено еще и тем, что повреждены кабельные линии связи, отсутствует мобильная телефонная связь и ретрансляторы, наличие «мертвых зон» для связи и другими негативными факторами [8, 9]. Многонациональный характер деятельности на местах связан с проблемами стандартизации методов работы. Участники гуманитарных операций разные по национальности и имеют разные уровни владения английским языком, который является основным рабочим языком, особенно в радиопереговорах. Поэтому для поддержания эффективной связи в рамках миссии необходим высокий стандарт голосовых процедур, а знание и соблюдение предписанных процедур при радиообмене на английском языке является обязательным.

В Российской Федерации при подготовке специалистов серьезное внимание уделяется профессиональному изучению радиообмена на английском языке только для специалистов морского и воздушного транспорта. Возможностей МЧС России для обеспечения потребностей специалистами со знанием правил радиообмена на английском языке для участия в международных операциях практически нет (по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» и 20.03.01 «Техносферная безопасность»). Качественная подготовка спасателей и пожарных по вопросам организации связи и взаимодействия для участия в международных гуманитарных (спасательных) операциях невозможна без знания основных правил ведения радиообмена на английском языке (стандарты ООН) и умения применять их на практике [10, 11].

В отличие от радиообмена на русском языке, в радиотелефонном режиме при радиообмене на английском языке применяется большое количество процедурных (служебных) слов и фраз (Procedure Words – PROWORDS). *Proword* – это легко произносимое слово или фраза, которой в голосовой процедуре было присвоено особое значение, чтобы сократить передачу и ускорить обработку сообщений. Использование простого (разговорного) языка вместо процедурных слов или рабочих сигналов запрещено. В формализованных сообщениях и донесениях применяется значительное число аббревиатур и акронимов. Все процедурные слова, аббревиатуры и акронимы должны быть полностью поняты и выучены наизусть. Эффективным методом повышения безопасности и защиты всего международного персонала, перемещающегося в зонах проведения операции (районах действий), является непрерывный контроль и управление трафиком связи, для чего установлены специальные процедуры. Обязательным является знание и умение применять без промедления чрезвычайные процедуры (Emergency Procedures/Drills), такие как MAYDAY, PAN, Loss of contact, MEDEVAC, CASEVAC, Hijack и др. Информация со сведениями о процедурных словах и акронимах, применяемых в гуманитарных операциях под эгидой ООН, изложенная в UNITED NATIONS DISASTER ASSESSMENT AND COORDINATION (UNDAC), Field Handbook (Полевом справочнике Группы ООН по оценке последствий стихийных бедствий и координации) [5], https://www.unocha.org/sites/unocha/files/1823826E_web_pages.pdf, является неполной, а перечень акронимов применим, прежде всего, для ведения служебной переписки в высших инстанциях ООН, но не в полевых миссиях.

Именно сфера радиообмена должна стать системообразующим фактором в профессионально ориентированной подготовке пожарных и спасателей английскому языку.

Предлагается ввести в основные образовательные и программы дополнительного профессионального образования и повышения квалификации практикоориентированные курсы «Порядок и правила ведения радиообмена на английском языке в районах чрезвычайных ситуаций (в поисково-спасательных операциях международных организаций)» от 40 до 72 ч и реализовать их для нижеперечисленных категорий обучающихся:

- курсантов 3–4 курсов (по специальности 20.03.01 «Техносферная безопасность»);

– старшего и среднего начальствующего состава противопожарной службы (пожарно-спасательных частей);

– специалистов центров управления в кризисных ситуациях и диспетчерских служб.

По мнению авторов статьи, исходя из анализа (рис.) и 4-летнего практического опыта одного из авторов, для специалистов МЧС России наиболее подходит вариант № 3.

Предварять обучение на таких курсах должно изучение правил ведения радиосвязи в МЧС России, тактики пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, английского языка и профессионально ориентированного лексикона для пожарных и спасателей (издания МЧС России). Обучение должно проводиться на едином оперативно-тактическом фоне учебной обстановки, максимально приближенной к реальной обстановке. Важность и целесообразность введения таких курсов в системе МЧС России давно назрела и очевидна.

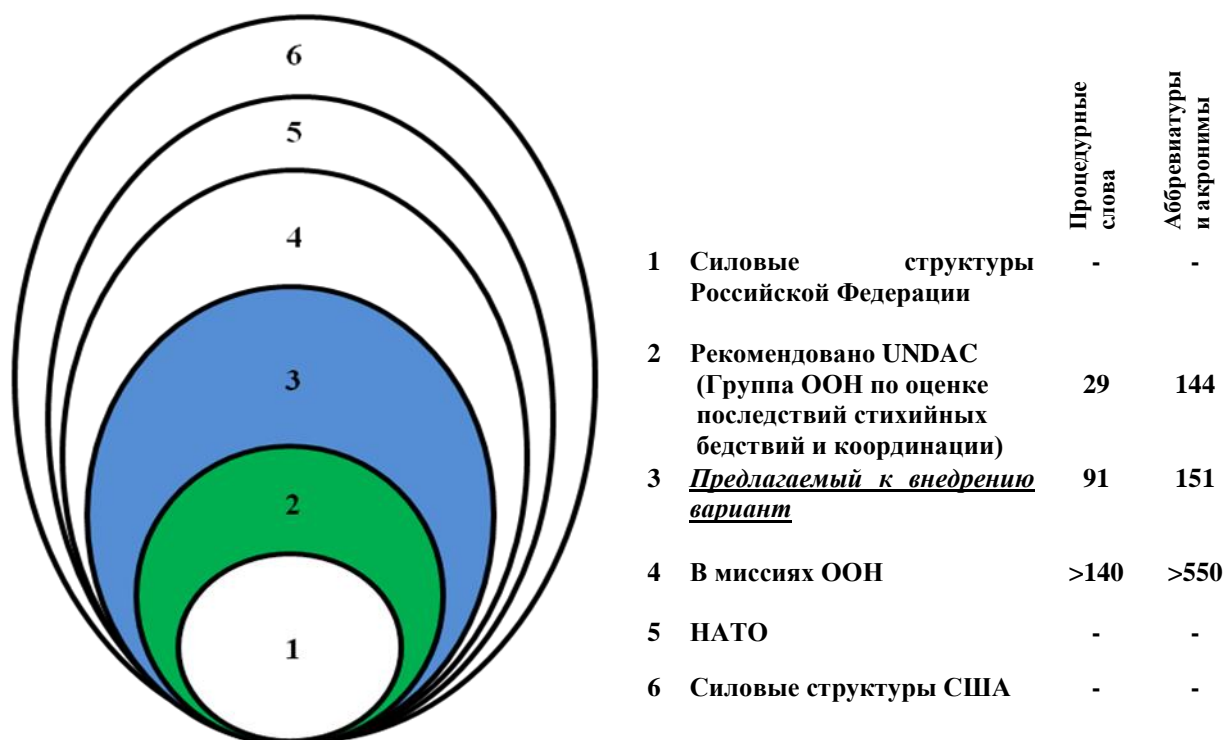


Рис. Ориентировочное соотношение объемов процедурных (служебных) слов, акронимов и аббревиатур, применяемых для ведения радиобмена в радиотелефонном режиме

Однако только знание правил радиобмена на английском языке недостаточно. Для понимания других аспектов безопасности персонала в международных операциях гуманитарного характера необходимо их изучение (ознакомление). Это возможно реализовать в рамках модуля дисциплины «Руководство проведения операций особого риска» по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» профиль «Руководство проведения операций особого риска».

Зачастую спасатели в многонациональных операциях решают значительно больший круг задач, в том числе они привлекаются к обучению местного населения правилам оказания первой помощи пострадавшим (First Aid). Следовательно, изучение правил оказания первой помощи на английском языке также необходимо.

Нельзя оставить без внимания такие аспекты безопасности персонала, как управление стрессами (Stress Management), чрезвычайные процедуры по безопасности (Basic

Emergencies/Drills on safety and security) и теста по безопасности BSAFE для всего персонала ООН.

Накопленный ООН положительный опыт по вопросам безопасности персонала, выполняющего свои служебные обязанности в районах ЧС, необходимо изучать, перенимать и внедрять. Соблюдение единых стандартов и процедур, умение правильно применять их на практике позволит в значительной степени снизить проблему языкового барьера при совместных действиях спасателей в международных операциях.

Литература

1. Бочарова З.С. Гуманитарное сотрудничество в деятельности международных организаций. URL: http://fgp.msu.ru/wp-content/uploads/2018/11/bocharova-z.s.-arpd_gumanitarnoe-sotrudnichestvo-v-deyatelnosti-mezhdunarodnyh-organizacij_bak.pdf (дата обращения: 01.11.2020).
2. Елютина Е.В. Деятельность международных организаций, связанная с оказанием помощи при природных чрезвычайных ситуациях // Всероссийская академия внешней торговли. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deyatelnost-mezhdunarodnyh-organizatsiy-svyazannaya-s-okazaniem-pomoschi-pri-prirodnyh-chrezvychaynyh-situatsiyah>. (дата обращения: 01.11.2020).
3. Руководство по подготовке к международной аттестации по правилам INSARAG. URL: <https://textarchive.ru/c-1461626-p12.html> (дата обращения: 01.11.2020).
4. Руководящие принципы и методология проведения международных поисково-спасательных операций // Секретариат международной консультативной группы по вопросам поиска и спасения (INSARAG). URL: https://www.insarag.org/images/stories/INSARAG_Guidelines_Mar2008_RUS_FINAL.pdf (дата обращения: 01.11.2020).
5. A GUIDE TO RADIO COMMUNICATIONS STANDARDS FOR EMERGENCY RESPONDERS, Prepared Under United Nations Development Programme (UNDP) and the European Commission Humanitarian Office (ECHO) Through the Disaster Preparedness Programme (DIPECHO) Regional Initiative in Disaster Risk Reduction March, 2010 Maputo – Mozambique. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Documents/ET-OnlineToolkit/tools/019%20A%20Guide%20to%20Radio%20Communications%20Standards%20For%20Emergency%20Responders.pdf> (дата обращения: 01.11.2020).
6. Крымский В.В. Оценка эффективности использования средств организации на инфраструктурную безопасность для производственных возможностей промышленного предприятия (на примере ОАО «Морской порт Санкт-Петербург») // Аудит и финансовый анализ. 2016. № 1. С. 372–376.
7. Крымский В.В., Гладышев Р.В. Классификация мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире (ГЕОРИСК-2015). 2015. С. 228–234.
8. Крымский В.В., Родичев А.А. Экономия времени обращения капитала за счет более раннего освоения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 3 (11). С. 96–101.
9. Алехин М.Ю., Янченко А.Ю., Крымский В.В. О прогнозировании экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2012. № 2. С. 84–88.
10. Особенности экономического развития России: космопланетарный аспект / А.А. Горбунов [и др.] // Ноосферное образование в евразийском пространстве. 2018. С. 65–88.
11. Крымский В.В., Катилев Е.К., Яшуков А.С. Прогнозирование экономических последствий аварий экологического характера для порта Санкт-Петербурга, политика современной России в этой области // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2015. № 7 (79).

References

1. Bocharova Z.S. Gumanitarnoe sotrudnichestvo v deyatelnosti mezhdunarodnyh organizacij. URL: http://fgp.msu.ru/wp-content/uploads/2018/11/bocharova-z.s.-arpd_gumanitarnoe-sotrudnichestvo-v-deyatelnosti-mezhdunarodnyh-organizacij_bak.pdf (data obrashcheniya: 01.11.2020).
2. Elyutina E.V. Deyatel'nost' mezhdunarodnyh organizacij, svyazannaya s okazaniem pomoshchi pri prirodnyh chrezvychajnyh situatsiyah // Vserossiyskaya akademiya vneshnej torgovli. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deyatelnost-mezhdunarodnyh-organizatsiy-svyazannaya-s-okazaniem-pomoschi-pri-prirodnyh-chrezvychajnyh-situatsiyah>. (data obrashcheniya: 01.11.2020).
3. Rukovodstvo po podgotovke k mezhdunarodnoj attestatsii po pravilam INSARAG. URL: <https://textarchive.ru/c-1461626-p12.html> (data obrashcheniya: 01.11.2020).
4. Rukovodyashchie principy i metodologiya provedeniya mezhdunarodnyh poiskovo-spasatel'nyh operatsij // Sekretariat mezhdunarodnoj konsul'tativnoj grupy po voprosam poiska i spaseniya (INSARAG). URL: https://www.insarag.org/images/stories/INSARAG_Guidelines_Mar2008_RUS_FINAL.pdf (data obrashcheniya: 01.11.2020).
5. A GUIDE TO RADIO COMMUNICATIONS STANDARDS FOR EMERGENCY RESPONDERS, Prepared Under United Nations Development Programme (UNDP) and the European Commission Humanitarian Office (ECHO) Through the Disaster Preparedness Programme (DIPECHO) Regional Initiative in Disaster Risk Reduction March, 2010 Maputo – Mozambique. URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Emergency-Telecommunications/Documents/ET-OnlineToolkit/tools/019%20A%20Guide%20To%20Radio%20Communications%20Standards%20For%20Emergency%20Responders.pdf> (data obrashcheniya: 01.11.2020).
6. Krymskij V.V. Ocenka effektivnosti ispol'zovaniya sredstv organizatsii na infrastrukturu bezopasnost' dlya proizvodstvennyh vozmozhnostej promyshlennogo predpriyatiya (na primere OAO «Morskoy port Sankt-Peterburg») // Audit i finansovyj analiz. 2016. № 1. S. 372–376.
7. Krymskij V.V., Gladyshev R.V. Klassifikatsiya meropriyatij po predotvrashcheniyu chrezvychajnyh situatsij i zatraty, svyazannye s preduprezhdeniem i likvidatsiej // Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami v sovremennom mire (GEORISK-2015). 2015. S. 228–234.
8. Krymskij V.V., Rodichev A.A. Ekonomiya vremeni obrashcheniya kapitala za schet bolee rannego osvoeniya sredstv na likvidatsiyu posledstvij chrezvychajnyh situatsij // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2009. № 3 (11). S. 96–101.
9. Alekhin M.Yu., Yanchenko A.Yu., Krymskij V.V. O prognozirovanii ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychajnyh situatsij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2012. № 2. S. 84–88.
10. Osobennosti ekonomicheskogo razvitiya Rossii: kosmoplanetarnyj aspekt / A.A. Gorbunov [i dr.] // Noosfernoe obrazovanie v evrazijskom prostranstve. 2018. S. 65–88.
11. Krymskij V.V., Katilov E.K., Yashukov A.S. Prognozirovanie ekonomicheskikh posledstvij avarij ekologicheskogo haraktera dlya porta Sankt-Peterburga, politika sovremennoj Rossii v etoj oblasti // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 7 (79).

УДК 37.026.1

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА КАФЕДРЫ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

А.А. Грешных, кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации; Ю.В. Рева, кандидат военных наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Мухаммед Халли Абузалата.

Прикладной университет Аль-Балка, Иордания

Рассмотрена научно-исследовательская работа как прямая обязанность профессорско-преподавательского состава учебного заведения и основа повышения качества подготовки специалистов. Показана неразрывная связь науки с образовательным процессом роль и место при этом преподавательского состава. Раскрыто определение понятия «атмосфера» научного творчества, исследовательский подход к практике как отличительное качество подготовки специалистов с высшим образованием.

Ключевые слова: образовательный процесс, подготовка специалистов, научный потенциал вузов, преподавательский состав, высшая школа, научно-исследовательская работа, учебные программы дисциплин, научное творчество

TEACHER AND RESEARCH WORK OF THE DEPARTMENT OF HIGHER EDUCATION

A.A. Greshnykh; Yu.V. Reva.

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

Muhammad Khalli Abuzalata. Al-Balqa university of applied sciences, Jordan

Research work is considered as a direct responsibility of the teaching staff of an educational institution and the basis for improving the quality of training specialists. The role and place of the teaching staff is shown to be inextricably linked with the educational process. The definition of the concept «atmosphere» of scientific creativity, research approach to practice as a distinctive quality of training specialists with higher education is revealed.

Keywords: educational process, training of specialists, scientific potential of higher education institutions, teaching staff, higher school, research work, academic programs of disciplines, scientific creativity

Характерной особенностью современного высшего образования является все большее влияние науки на образовательный процесс. Поэтому вопросы об организации и выполнении научно-исследовательских работ в высших учебных заведениях, об участии профессорско-преподавательского состава в этих работах всегда оставались важными и актуальными, требующими отыскания путей их лучшего решения. Ведь на сегодня, в силу традиционно сложившихся обстоятельств, в вузах страны, располагающих современной учебно-лабораторной и экспериментальной базой, современными компьютерными технологиями и цифровой техникой, сосредоточено более 50 % всех научных кадров. Эффективность же использования такого большого научного потенциала вузов в интересах науки, подготовки научно-педагогических кадров и специалистов по профилю конкретного учебного заведения зависит в первую очередь от организации научно-исследовательской

деятельности на кафедрах учебного заведения, от правильной постановки на них работы по воспитанию и росту преподавательских кадров как педагогов, воспитателей и научных работников. Отмечая неразрывную связь науки с образовательным процессом, руководство вузов в своих приказах и указаниях по его организации постоянно отмечает, что научно-исследовательская работа в вузе является прямой обязанностью его преподавательского и научного составов. [1].

Их основная задача – повышение качества подготовки специалистов путем органического слияния образовательного и научного процессов, непрерывного повышения научной квалификации преподавателей путем их активного участия в научных исследованиях, а также непосредственного использования огромного научного потенциала высшей школы для руководства огромными коллективами, для разработки и совершенствования специальной техники, вопросов их эксплуатации и применения.

Объясняется все это еще и тем, что сегодня научно-исследовательская работа открывает большие возможности для повышения профессионального мастерства преподавательского состава, она способствует его творческому росту, повышению научного уровня. При этом наука и ее практическое применение развиваются настолько стремительно, что даже многое из недавно открытого зачастую устаревают, так и не попав в классную аудиторию, в программы и учебники соответствующих дисциплин. Вот поэтому высшая школа должна не только непрерывно развивать научно-исследовательскую работу, но и педагогически правильно перерабатывать новейшие достижения науки и техники, возможно быстрее вводя их в образовательный процесс, имея при этом также ввиду и ближайшее будущее науки с учетом возникающих тенденций ее развития. А это позволяет усилить одну из важных сторон в подготовке специалистов с высшим образованием – умение «заглянуть» в будущее науки, учесть перспективы ее развития, выделить «завтрашний день» науки и техники [2].

Сегодня в любом учебном заведении основной фигурой в организации и проведении учебно-воспитательной и научно-исследовательских работ является преподаватель, поэтому принято, что одним из главных условий успешной работы любой из кафедр вуза является активное участие всех преподавателей кафедры в выполняемых на ней научно-исследовательских работах. Преподаватели, которые не участвуют в выполнении данных работ, не смогут в должной мере подготовить специалиста с высшим образованием, способного на научной основе руководить людьми, заниматься научной или же практической деятельностью. Поэтому любой преподаватель высшей школы для выполнения своих прямых функциональных обязанностей должен гармонично сочетать в себе навыки как методической, так и научной работы, обладать не только определенными природными данными, соответствующими знаниями и преданностью своей профессии, но для участия в научной работе как важном этапе его становления и развития он должен также овладеть методами научных исследований, в основе которых лежит диалектико-материалистический взгляд на явления природы, на причастность и взаимообусловленность явлений; выработать определенную самостоятельность в поисках решения поставленной научной задачи; развить способность работать в коллективе [3].

Все это подкрепляется тем, что любое обучение в вузе приобретает предметность только тогда, когда раскрытие тех или иных физических процессов, проведение расчетов, изложение методик и т.п. проводит человек, который сам лично занимается разработкой и исследованием этих вопросов. В условиях же интенсивного роста научной информации четко выделить и отобрать главное в преподавании, а возможно даже дать в изложении и новые сведения на базе научных достижений с личностной оценкой их значимости, можно только при наличии своего, отработанного метода и стремления определить свое личное отношение к характеру новых явлений [4].

Участие преподавателей в работе научных коллективов, совместная разработка и обобщение различных вопросов, связанных с проведением исследований, позволяет им вводить в образовательный процесс еще не опубликованные результаты научных

достижений, делиться с обучающимися наиболее ценными «находками», что не только поддерживает научный уровень на учебных занятиях, но и вводит обучающихся в лабораторию научного творчества, знакомит их с перспективой и средствами дальнейшего развития науки. Для обучающихся это не менее важно, чем получение определенного объема знаний в соответствии с учебной программой [5].

Постоянное обобщение новейших достижений науки и техники, систематический обзор необходимого научного материала – это одна из важнейших задач кафедры и преподавателей. Новая свежая информация позволит своевременно исключить из лекций вопросы, которые теряют свою актуальность, и включить новые, выдвинутые из жизни развитием теоретической и практической мысли. Ведь на предприятиях, в организациях и соответствующих учреждениях накоплено и накапливается много полезного, что должно стать достоянием кафедр и образовательного процесса [6].

В этих условиях одной из основных функций преподавателя становится его способность преобразовать научную информацию в учебную на уровне последних достижений той науки, в которой он сам специализируется. Во взаимосвязи с этим находится такое качество преподавателя, как его способность аккумулировать и углублять свои научные знания, хорошо впитывать и углублять опыт педагогической работы. Образно говоря, конкретные знания преподавателя в области его специальных дисциплин должны стать энциклопедическими [7].

Практика также показывает, что те преподаватели вуза, которые сами активно ведут научные исследования и постоянно находятся в сфере новых перспективных направлений науки, выгодно отличаются высокой научной эрудицией, глубоким знанием своего предмета. Ведь когда обучающимся известно, что их преподаватель внес значительный вклад в развитие науки и техники, они слушают его с большим вниманием, его слова для них имеют большое значение. Обучающиеся должны сами видеть, что творится с наукой в данном конкретном вузе, на конкретной кафедре. Только в этом случае создается та особая «атмосфера» научного творчества и исследовательского подхода к практике, которая наиболее благоприятствует развитию интересов и способностей обучающихся к научно-исследовательской работе [8].

Такая «атмосфера» научного творчества успешно создавалась без особых искусственных приемов и усилий такими нашими известными учеными, как И.П. Павлов, Н.Е. Жуковский, А.Н. Крылов и многие другие. У большинства их учеников было глубокое убеждение в том, что нет другого пути в науку, как непосредственное участие каждого из них в научных исследованиях. Другое дело, что не все становились исследователями, но у большинства из них все же выработался и навсегда оставался исследовательский подход к практике, что само по себе очень важно и должно служить отличительным качеством подготовки специалиста с высшим образованием.

Как правило, такие преподаватели пользуются у обучающихся большой популярностью и авторитетом. Свободно владея материалом, они вызывают у них интерес к науке, к научному творчеству, заражают их интересными идеями и естественным путем вовлекают в творческий процесс освоения учебного материала. Ведь задача состоит не только в том, чтобы вооружить их знаниями, но и в том, чтобы научить их творческому мышлению, умению глубоко анализировать процессы, с которыми будущему специалисту предстоит встретиться в его последующей работе [9].

На необходимость тесной связи научной деятельности в высшем учебном заведении с преподаванием было обращено внимание передовых ученых России еще в дореволюционный период. Наиболее четко на эту сторону вопроса обратил внимание Н.И. Пирогов, указавший на тесную связь учебного и научного элементов в работе высшего учебного заведения. Он подчеркивал, что в серьезном университете отделить учебное от научного нельзя, научное без учебного все-таки светит и греет, а вот учебное без научного – только блесит.

Ушинский К.Д. также отмечал, что главная задача университетов «должна состоять в том, чтоб держать уровень образования постоянно на одинаковой высоте с уровнем науки и распространять это образование как можно глубже в народ».

Естественно, что подобная «атмосфера» научного творчества не в равной степени присуща всем высшим учебным заведениям: университету, академии, институту, высшему военному училищу. В одних из них на эту сторону вопроса обращается больше внимания, а в других – меньше. Но одно очевидно, что оставлять без внимания этот вопрос нельзя и степень эффективности его реализации будет всецело зависеть от научного потенциала учебного заведения, его предназначения, уровня подготовки научно-педагогических кадров и того внимания, которое будет уделять этому вопросу руководство конкретного учебного заведения.

Все эти пожелания успешно реализовывались в Советской высшей школе [2], которая нашла наиболее верный путь для соединения научных исследований с подготовкой специалистов. В настоящее время, в связи с демократическими преобразованиями в нашей стране, происходящими непрекращающимися реформами в системе образования многое из достигнутого положительного в этом вопросе приостановило свое развитие. Остается только надеяться, что придет время, когда тесная взаимосвязь науки и образования вновь получат свое дальнейшее развитие [10].

Литература

1. Елисейкин М.М. Технология профессионально-ориентированного обучения: монография. СПб.: ВМА, 2014. С. 43–148.
2. Латышев О.М., Троянов О.М., Рева Ю.В. Основные направления оптимизации процесса обучения в высшей школе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 97–108.
3. Чупрова Л.В. Организация научно-исследовательской работы студентов в условиях реформирования системы высшего профессионального образования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5-2. С. 167–170.
4. Мультимедийные технологии в обучении ИКТ (Часть 1) / Г.Т. Джусупбекова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6.
5. Жетписбаева Г.О., Ибрагимова У.Б., Уразбакова У.Т. Моделирование как метод научного познания в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6 (прил. «Педагогические науки»). С. 14.
6. Балаян Г.Г. Жарикова Г.Г., Комков Н.И. Информационно-логические модели научных исследований. М.: Наука, 2018. 344 с.
7. Герасимов Б.И. Основы научных исследований. М.: Форум, 2015. 827 с.
8. Грешных А.А., Рева Ю.В. Применение методов проблемного обучения в преподавании учебных дисциплин // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 207–210.
9. Рева Ю.В. В помощь адъюнкту (соискателю) при написании кандидатской диссертации // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2019. № 1 (42). С. 17–26.
10. Коновалова Ю.В., Сатыбалдина Е.В. Разработка и реализация совместных образовательных программ как фактор повышения качества результатов обучения // Дискуссия. 2015. № 10. С. 146–152.

References

1. Elisejkin M.M. Tekhnologiya professional'no-orientirovannogo obucheniya: monografiya. SPb.: VMA, 2014. S. 43–148.
2. Latyshev O.M., Troyanov O.M., Reva Yu.V. Osnovnye napravleniya optimizacii processa obucheniya v vysshej shkole // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 97–108.

3. Chuprova L.V. Organizaciya nauchno-issledovatel'skoj raboty studentov v usloviyah reformirovaniya sistemy vysshego professional'nogo obrazovaniya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2014. № 5-2. S. 167–170.
4. Mul'timedijnye tekhnologii v obuchenii IKT (CHast' 1) / G.T. Dzhusupbekova [i dr.] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2018. № 6.
5. Zhetpisbaeva G.O., Ibragimova U.B., Urazbakova U.T. Modelirovanie kak metod nauchnogo poznaniya v obrazovatel'nom processe // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2017. № 6 (pril. «Pedagogicheskie nauki»). С. 14
6. Balayan G.G., Zharikova G.G., Komkov N.I. Informacionno-logicheskie modeli nauchnyh issledovanij. M.: Nauka, 2018. 344 с.
7. Gerasimov B.I. Osnovy nauchnyh issledovanij. M.: Forum, 2015. 827 с.
8. Greshnyh A.A., Reva Yu.V. Primenenie metodov problemnogo obucheniya v prepodavanii uchebnyh disciplin // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 207–210.
9. Reva Yu.V. V pomoshch' ad'yunktu (soiskatelyu) pri napisanii kandidatskoj dissertacii // Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva. 2019. № 1 (42). S. 17–26.
10. Konovalova Yu.V., Satybaldina E.V. Razrabotka i realizaciya sovmestnyh obrazovatel'nyh programm kak faktor povysheniya kachestva rezul'tatov obucheniya // Diskussiya. 2015. № 10. S. 146–152.

УДК 378.048.2 – 378.225

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ДИАГНОСТИКИ СВОЙСТВ КРЕАТИВНОСТИ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ, ПОСТУПАЮЩИХ В АДЬЮНКТУРУ

**А.Н. Печников, доктор педагогических наук,
доктор технических наук, профессор;**

Г.А. Якуба.

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

Описано принципиальное отличие задачи усвоения программы подготовки научно-педагогических кадров в адъюнктуре от задачи своевременной защиты кандидатской диссертации. Представлено исследование факторов, определяющих успешность решения адъюнктами этих двух задач. Выявлены статистически значимые зависимости результатов государственной аттестации адъюнктов от среднего балла диплома и своевременности защиты диссертации от их свойства креативности. Разработаны критериально валидные модели этих зависимостей. Обоснована целесообразность диагностики свойства креативности у военнослужащих, поступающих в адъюнктуру.

Ключевые слова: адъюнктура, защита диссертации, обученность, креативность, уровень усвоения, обучение, развитие

ON THE APPROPRIATENESS OF DIAGNOSTICS OF THE PROPERTIES OF CREATIVITY IN SERVICEMEN ENTERING THE ADJUNCT

A.N. Pechnikov; G.A. Yakuba.

Military academy of communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny

The fundamental difference between the task of mastering the program of training scientific and pedagogical personnel in postgraduate studies and the task of timely defense of a candidate's thesis is described. The study of the factors determining the success of the adjuncts of these two tasks is presented. The statistically significant dependences of the results of the state certification of adjuncts on the average grade of the diploma and the timeliness of the defense of the dissertation on their properties of creativity were revealed. Criterionally valid models of these dependencies have been developed. The expediency of diagnosing the property of creativity in servicemen entering the post-graduate school has been substantiated.

Keywords: postgraduate studies, dissertation defense, training, creativity, level of assimilation, training, development

В соответствии с требованиями руководящих документов [1, 2], адъюнкты для успешного завершения своей подготовки должны решить две задачи: 1) пройти промежуточную и государственную аттестации; 2) защитить кандидатскую диссертацию. Обе задачи лежат в предметной области одной и той же научной дисциплины, по которой адъюнкт проходит подготовку, но успешность решения этих задач различна.

Имеющиеся данные по военным вузам Санкт-Петербурга свидетельствуют, что первую задачу своевременно решают практически все адъюнкты, а вторую – только около 40 %. При этом у 45 % защита происходит с отсрочкой на два–три года, а около 15 % военнослужащих, окончивших адъюнктуру, – вообще не выходят на защиту диссертации.

В соответствии с обоснованиями, представленными в работах [3–6], причина различий в своевременности и успешности решения этих задач состоит в том, что они

требуют различных уровней усвоения (освоения) предметных областей научных дисциплин (табл. 1), по которым осуществляется подготовка в адъюнктуре.

Программы подготовки научно-педагогических кадров в адъюнктуре реализуются в рамках традиционно организованного процесса обучения, обеспечивающего формирование у обучаемых необходимых знаний, умений и навыков. Поэтому сдача кандидатских экзаменов и государственного экзамена требует освоения предметных областей изучаемых дисциплин на уровне усвоения (обученности) «знания-умения, навыки».

Кандидатская диссертация «должна быть написана автором самостоятельно, ..., содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора диссертации в науку» [7]. Другими словами, вынесенные на защиту результаты диссертации должны быть получены их автором в процессе собственной продуктивной эвристической (творческой) деятельности. Поэтому решение второй задачи успешного завершения адъюнктуры (задачи защиты кандидатской диссертации) требует освоения соответствующей научной дисциплины на уровне «знания-трансформации». Этот уровень усвоения, во-первых, в силу требования самостоятельности не может быть получен в процессе обучения, которое не является видом самостоятельной деятельности и необходимо предполагает взаимодействие обучаемого с обучающим. Во-вторых, для получения результатов уровня «знания-трансформации» наличия знаний, умений и навыков (достижения уровня обученности) недостаточно, необходимы еще и специфические личностные качества. Поэтому достижение такого уровня освоения любой предметной области относят не к сфере обучения, а к сфере психического развития, ориентированной на «становление и развитие психических процессов – специфически человеческих высших психических функций: внимания, воли, чувств, мышления и т.д.» [8].

Таблица 1. Классификация уровней усвоения по В.П. Беспалько [9] и сфер их формирования по А.М. Новикову [8] и К.К. Платонову [10]

Обозначение	Название уровня	Характеристика уровня	Сфера формирования
$\alpha=1$	Знания-знакомства	Узнавание объектов и явлений при повторном восприятии ранее усвоенной информации о них или действий с ними (алгоритмическая деятельность при внешне заданном алгоритме действий)	Обучение
$\alpha=2$	Знания-копии	Репродуктивные действия путем самостоятельного воспроизведения или применения информации о ранее усвоенной ориентировочной основе деятельности (ООД) для выполнения известного действия (репродуктивная деятельность алгоритмического типа)	
$\alpha=3$	Знания-умения, навыки	Продуктивные действия по образцу на некотором множестве объектов, самостоятельная реализация известной ООД для выполнения нового действия (продуктивная деятельность алгоритмического типа)	
$\alpha=4$	Знания-трансформации	Творческие действия, выполняемые на любом множестве объектов путем самостоятельного конструирования новой ООД (продуктивная эвристическая (творческая) деятельность)	Развитие (психическое)

Невзирая на приведенные выше различия в уровнях усвоения, необходимых для решения задач прохождения государственной аттестации и защиты кандидатской диссертации, прием военнослужащих в адъюнктуру осуществляется на основании анализа оценок, приведенных в приложении к диплому о высшем образовании, и результатов вступительных экзаменов, то есть исключительно путем установления уровня обученности

абитуриента, достигнутого в сфере обучения. Характеристики абитуриентов в сфере психического развития целенаправленно не исследуются и не учитываются.

Достаточность данных об уровне обученности абитуриента для прогнозирования успешности его подготовки в адъюнктуре была оценена на основе статистических данных, имеющихся в Военной академии связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного.

Модель «Аттестация» прогнозирования успешности прохождения адъюнктом государственной аттестации

Возможность надежного прогнозирования успешности сдачи адъюнктами экзаменов промежуточной и государственной аттестаций производилась путем оценки зависимости среднего балла за сдачу кандидатских и государственного экзаменов в адъюнктуре от среднего балла по диплому о высшем образовании. Эта зависимость оценивалась по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена с применением SPSS v. 26. В обучающую выборку были включены данные 130 адъюнктов, завершивших свою подготовку в период с 2006 по 2019 г. Полученные результаты (рис. 1) свидетельствовали о наличии между исследуемыми рядами данных статистически значимой взаимной связи.

Корреляция по Спирмену						
	Балл диплом			Балл адъюнктура		
	Коэффициент корреляции	Значимость (двухсторонняя)	N	Коэффициент корреляции	Значимость (двухсторонняя)	N
Балл адъюнктура	1,000	.	130	,715**	,000	130
Балл диплома	,715**	,000	130	1,000	.	130

** . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Рис. 1. Результаты оценки ранговой корреляции. Скриншот SPSS

В соответствии с рекомендациями А. Наследова [11] для исследования оцененной на рис. 1 зависимости были избраны линейные регрессионные модели. Для анализа качества этих моделей использовались следующие показатели:

1. Коэффициент детерминации (R -квадрат), который показывает долю объяснённой дисперсии исследуемого ряда данных. Однако сравнивать модели с разным числом предикторов этот коэффициент не позволяет.

2. Частный F -критерий (статистика Фишера). Сравнение его эмпирического и табличного значений определяет уровень значимости ошибки первого рода, то есть вероятность правильности решения отвергнуть анализируемую модель.

Однако F -критерий оценивает значимость модели в условиях, что все ее предикторы одновременно являются незначимыми. Поэтому содержательная интерпретация полученной модели будет корректна только после проведения проверки всех ее предикторов путем расчета и оценки значимости отношения t значений коэффициентов предикторов к их стандартной ошибке.

Оценки всех перечисленных выше показателей в отношении модели «Аттестация», определяющей зависимость результатов аттестаций в адъюнктуре от балла диплома о высшем образовании, показаны на рис. 2.

Сводка для модели «Аттестация»									
Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки	Статистика изменений				
					Изменение R-квадрат	Изменение (значение) F	ст.св.1	ст.св.2	Значимость F
1	,687 ^a	,472	,468	,36100	,472	114,653	1	128	,000
а. Предикторы: (константа), Балл_диплом									
Коэффициенты модели «Аттестация» ^a									
Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты		t	Значимость t		
		B	Стандартная ошибка	Бета					
1	(Константа)	1,274	,252			5,065	,000		
	Балл диплом	,627	,059			10,708	,000		
а. Зависимая переменная: Балл адъюнктуры									

Рис. 2. Характеристики модели «Аттестация». Скриншот SPSS

С учетом полученных оценок модель «Аттестация» для целей прогнозирования успешности окончания адъюнктуры была принята в виде:

$$Y_1 = 1,274 + 0,627x_1,$$

где x_1 ($x_1 \in [3,5]$) – средний балл диплома о высшем образовании; y_1 ($y_1 \in [3,5]$) – средний балл за кандидатские и государственный экзамен в адъюнктуре.

Результаты моделирования по модели «Аттестация» показаны на рис. 3.

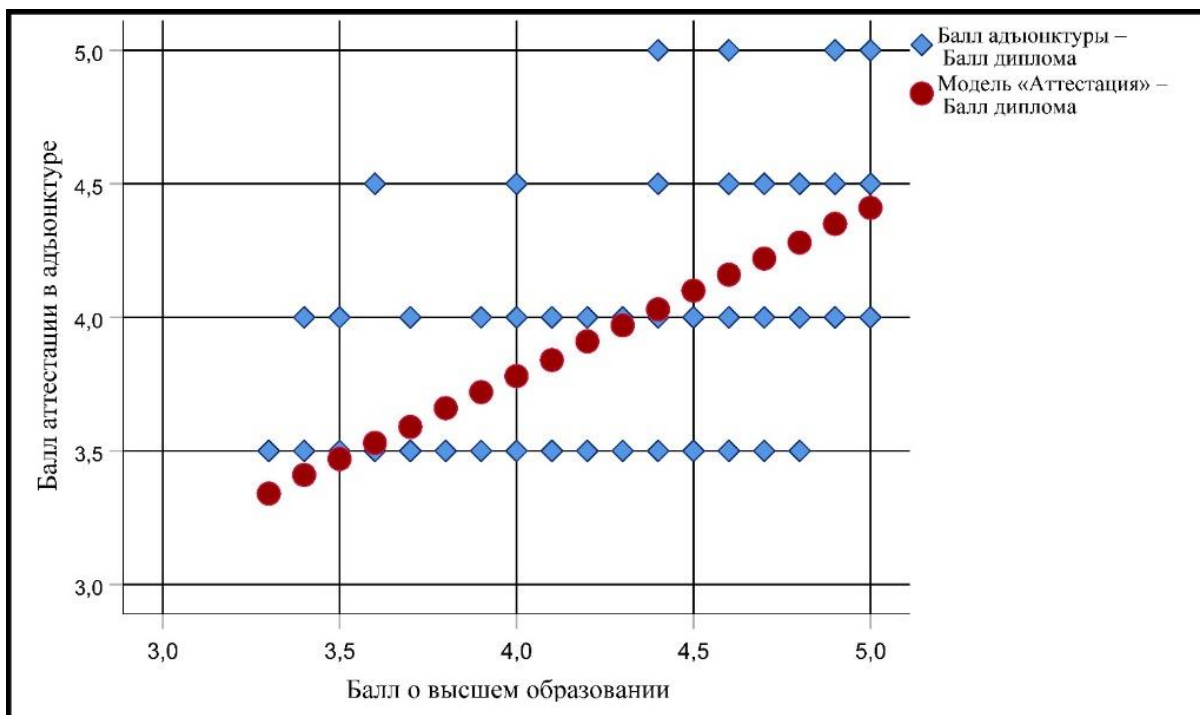


Рис. 3. Зависимости результатов обучения в адъюнктуре от среднего балла диплома о высшем образовании. Скриншот SPSS

Модель «Защита» прогнозирования своевременности защиты адъюнктом кандидатской диссертации

На основании исследований, представленных в работах [12, 13], в качестве факторов, определяющих успешность своевременной защиты адъюнктами кандидатских диссертаций, рассматривались два фактора: 1) средний балл по диплому о высшем образовании; 2) творческие способности как «качество личности, определяющее успешность овладения определенной деятельностью и совершенствование в ней» [10]. В соответствии с рекомендациями [14] для оценки последних использовался опросник «Определение типов мышления и уровня креативности (методика Дж. Брунера)» [15], ориентированный на диагностику типов мышления и свойства креативности.

В обучающую выборку были включены данные 108 адъюнктов, завершивших свою подготовку в период с 2006 по 2017 г. Срок защиты диссертации отсчитывался от дня окончания адъюнктуры до дня защиты в месяцах. В качестве предикторов, определяющих величину этого срока, рассматривались: 1) предметное мышление (ПредМ); 2) символическое мышление (СимвМ); 3) знаковое мышление (ЗнакМ); 4) образное мышление (ОбразМ); 5) креативность (Креатив); 6) балл диплома (Диплом). Результаты оценки связей этих предикторов со сроками защиты диссертации показаны на рис. 4.

Представленные на рис. 4 результаты свидетельствовали, что сроки защиты диссертации статистически значимо зависят от предикторов, характеризующих предметное мышление и креативность адъюнктов. Для остальных предикторов такая значимая связь отсутствовала. Однако в SPSS рекомендуется [11] первоначально применять средство регрессионного анализа в режиме «Enter», учитывающего все возможные предикторы. Оценки такого варианта модели «Защита» представлены на рис. 5.

Корреляции								
		ПредМ	СимвМ	ЗнакМ	ОбразМ	Креатив	Диплом	Срок защиты
ПредМ	Коэффициент корреляции	1,000	,085	,063	,314**	,315**	-,191*	-,232*
	Знач. (двухсторонняя)	.	,381	,515	,001	,001	,048	,016
СимвМ	Коэффициент корреляции	,085	1,000	,355**	,248**	,252**	-,007	-,097
	Знач. (двухсторонняя)	,381	.	,000	,010	,008	,940	,320
ЗнакМ	Коэффициент корреляции	,063	,355**	1,000	,243*	,309**	,026	-,118
	Знач. (двухсторонняя)	,515	,000	.	,011	,001	,792	,224
ОбразМ	Коэффициент корреляции	,314**	,248**	,243*	1,000	,214*	,083	-,150
	Знач. (двухсторонняя)	,001	,010	,011	.	,026	,393	,122
Креатив	Коэффициент корреляции	,315**	,252**	,309**	,214*	1,000	-,032	-,503**
	Знач. (двухсторонняя)	,001	,008	,001	,026	.	,739	,000
Диплом	Коэффициент корреляции	-,191*	-,007	,026	,083	-,032	1,000	-,085
	Знач. (двухсторонняя)	,048	,940	,792	,393	,739	.	,384
Срок_защиты	Коэффициент корреляции	-,232*	-,097	-,118	-,150	-,503**	-,085	1,000
	Знач. (двухсторонняя)	,016	,320	,224	,122	,000	,384	.
	N	108	108	108	108	108	108	108

** Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).
* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Рис. 4. Оценка парной корреляции исследуемых характеристик по Спирмену. Скриншот SPSS

Сводка для исходного варианта модели «Защита»									
Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки	Статистика изменений				
					Изменение R-квадрат	Изменение F	ст.св.1	ст.св.2	Знач. Изменение F
1	,537 ^d	,288	,246	18,91189	,288	6,821	6	101	,000
а. Предикторы: (константа), Диплом, Креатив, ОбразМ, ЗнакМ, ПредМ, СимвМ									
Коэффициенты исходного варианта модели «Защита» ^a									
Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Значимость t	99,0% Доверительный интервал для B		
		B	Стандартная ошибка	Бета			Нижняя граница	Верхняя граница	
1	(Константа)	73,627	23,615		3,118	,002	26,000	120,000	
	ПредМ	,315	,965	,030	,326	,745	-1,600	2,230	
	СимвМ	,588	,862	,065	,682	,497	-1,123	2,298	
	ЗнакМ	-,920	1,074	-,081	-,857	,394	-3,050	1,210	
	ОбразМ	-1,638	,935	-,162	-1,751	,083	-3,493	,217	
	Креатив	-3,741	,510	-,475	-4,980	,000	-5,232	-2,251	
	Диплом	-1,771	4,351	-,035	-,407	,685	-10,402	6,860	
а. Зависимая переменная: Срок защиты									

Рис. 5. Характеристики исходного варианта модели «Защита». Скриншот SPSS

В соответствии с представленными на рис. 5 оценками значимости коэффициентов предикторы предметного (ПредМ), символического (СимвМ), знакового (ЗнакМ) и образного (ОбразМ) видов мышления, а также балла диплома (Диплом) подлежали удалению из модели. Это и было произведено в следующей итерации моделирования, производившейся в режиме «Пошагово». Результаты этой итерации приведены на рис. 6.

Сводка для окончательного варианта модели «Защита»									
Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки	Статистика изменений				
					Изменение R-квадрата	Изменение (значение) F	ст.св.1	ст.св.2	Значимость F
2	,505 ^a	,255	,248	18,88687	,255	36,304	1	106	,000
а. Предикторы: (константа), Креатив									
Коэффициенты окончательного варианта модели «Защита» ^a									
Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Значимость t	99,0% Доверительный интервал для B		
		B	Стандартная ошибка	Бета			Нижняя граница	Верхняя граница	
2	(Константа)	49,857	6,981		7,142	,000	36,017	63,697	
	Креатив	-3,980	,661	-,505	-6,025	,000	-5,290	-2,670	
а. Зависимая переменная: Срок защиты									
Исключенные переменные ^a									
Модель		Бета-включения	t	Значимость t	Частная корреляция	Статистика коллинеарности			
						Допуск			
2	ПредМ	-,003 ^b	-,029	,977	-,003	,907			
	СимвМ	-,003 ^b	-,037	,971	-,004	,896			
	ЗнакМ	-,098 ^b	-1,109	,270	-,108	,898			
	ОбразМ	-,160 ^b	-1,885	,062	-,181	,954			
	Диплом	-,046 ^b	-,543	,588	-,053	1,000			
а. Зависимая переменная: Срок защиты									
б. Предикторы в модели: (константа), Креатив									

Рис. 6. Характеристики окончательного варианта модели «Защита». Скриншот SPSS

За счет исключения предикторов с незначимыми коэффициентами окончательный вариант модели «Защита», представленный на рис. 6, во-первых, обеспечивал свою ясную содержательную интерпретацию. Во-вторых, он превосходил исходный (рис. 5) как по надежности, определяемой по статистике Фишера ($36,304 > 6,821$), так и по доле объясненной дисперсии, измеряемой коэффициентом детерминации ($0,248 > 0,246$).

Поэтому модель «Защита» была принята в следующем виде:

$$Y_2 = 49,857 - 3,980x_2,$$

где x_2 ($x_1 \in [0,15]$) – оценка креативности (балл по методике Дж. Брунера); y_2 ($y_2 \in [0,60]$) – сдвиг даты защиты диссертации (в месяцах) от даты окончания адъюнктуры.

Результаты моделирования по окончательному варианту модели «Защита» представлена на рис. 7.

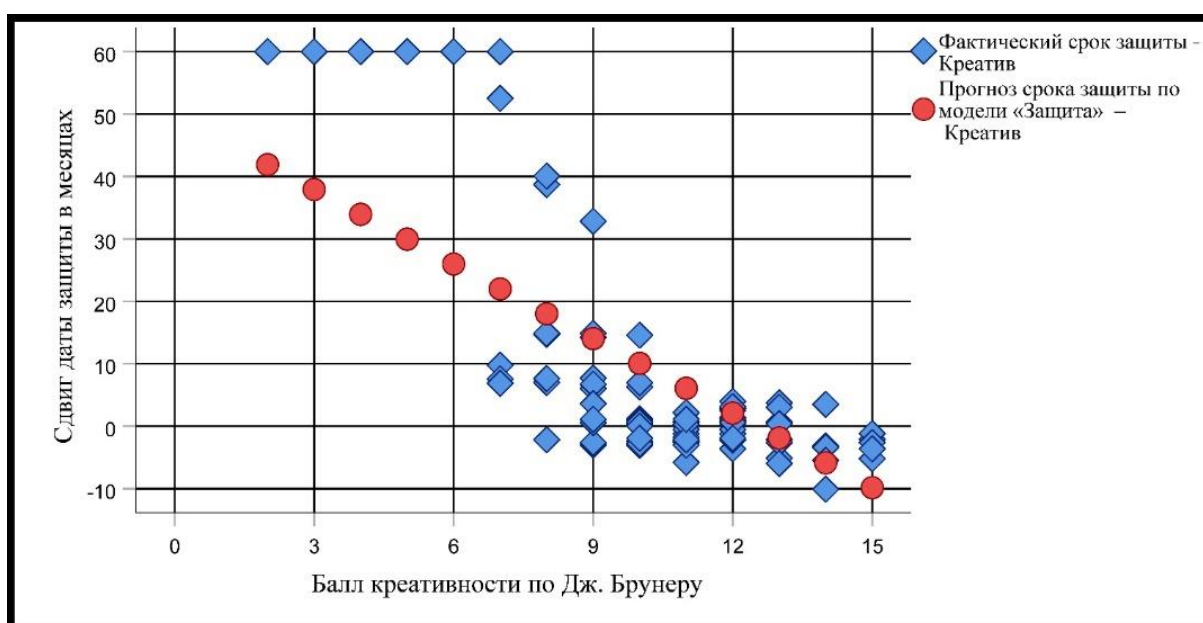


Рис. 7. Зависимость сдвига даты защиты диссертации от свойства креативности адъюнктов.
Скриншот SPSS

Критериальная (внешняя) валидность полученных моделей оценивалась путем использования этих моделей для прогнозирования результатов подготовки независимых групп адъюнктов (27 адъюнктов – для модели «Аттестация» и 22 адъюнкта – для модели «Защита») и последующего сравнения прогнозных оценок (выборки «Аттестация (прогноз)» и «Защита (прогноз)») с фактическими результатами (выборки «Аттестация» и «Защита»), полученными в этих группах.

Как известно, подбор критерия для сравнения выборок прогнозных и фактических результатов определяется двумя характеристиками: 1) нормальностью распределения переменных в выборках; 2) классификацией выборок как несвязанных (независимых) или связанных (зависимых).

Результаты проверки выборок выборки «Аттестация», «Защита», «Аттестация (прогноз)» и «Защита (прогноз)» по критерию Колмогорова-Смирнова свидетельствовали, что все эти выборки нормальному распределению не соответствуют. Поэтому в отношении их следовало использовать непараметрические критерии. Выбор последних определяется свойством взаимной зависимости сравниваемых выборок, которое не имеет однозначной трактовки. В психологии считается, что, «если можно установить гомоморфную пару для

каждого случая в двух выборках, то такие выборки называются зависимыми» [16]. Однако в теории моделирования [17] проверка модели, построенной на данных обучающей выборки, производится на отдельной выборке, которая не входит в состав обучающей выборки и включает в себя только те данные, которые не использовались при построении модели. Эта отдельная выборка всегда считается независимой (несвязанной). Таким образом, с позиций психологии пары выборок «Аттестация» – «Аттестация (прогноз)» и «Защита» – «Защита (прогноз)» являются зависимыми, а с позиций теории моделирования – независимыми.

Ввиду невозможности однозначной классификации рассматриваемых выборок они оценивались (табл. 2) в соответствии с обоими возможными подходами: как независимые – по U -критерию Манна-Уитни, как зависимые – по T -критерию Уилкоксона.

Таблица 2. Оценка критериальной валидности моделей «Аттестация» и «Защита» прогнозирования успешности завершения адъюнктуры

Вид критерия	Параметры оценивания	Оценки по критериям				Параметры оценивания	Вид критерия
		для несвязанных выборок		для связанных выборок			
		«Аттестация» – «Аттестация (прогноз)»	«Защита» – «Защита (прогноз)»	«Аттестация» – «Аттестация (прогноз)»	«Защита» – «Защита (прогноз)»		
U -критерий Манна-Уитни	$U_{эмп}$	155	195	87,5	75	$T_{эмп}$	T -критерий Уилкоксона
	$U_{0,01}$	138	154	43	49	$T_{0,01}$	
	$U_{0,05}$	114	127	60	67	$T_{0,05}$	
	Значимость различий	Значимых различий нет	Значимых различий нет	Значимых различий нет	Значимых различий нет	Значимость различий	

Разработанные критериально валидные модели статистически значимых зависимостей результатов государственной аттестации адъюнктов от среднего балла диплома и своевременности защиты диссертации от их свойства креативности, оценки которых приведены в табл. 2, свидетельствуют, что модели «Аттестация» и «Защита» валидны и способны обеспечить адекватное прогнозирование не только успешности государственной аттестации адъюнктов, но и своевременность защиты ими кандидатской диссертации. Целесообразно представлять, что диагностика и последующий учет уровня креативности абитуриентов при их отборе в адъюнктуру способны обеспечить рост успешности и своевременности защиты кандидатских диссертаций.

Литература

1. Об образовании в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 2012 г. № 273-ФЗ. URL: <https://base.garant.ru/70291362/> (дата обращения: 19.11.2020).
2. Об организации деятельности адъюнктуры военных образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования и научных организаций Министерства обороны Российской Федерации: приказ Министерства обороны Рос. Федерации от 18 янв. 2016 г. № 6. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
3. Печников А.Н. О выполнении в образовании требований, формулируемых в сфере социального управления в виде компетенций // Образование и наука. 2016. № 3 (132). С. 4–28.
4. Печников А.Н. О едином подходе к трактовке компетенций в сфере социального управления и образования // Образование и наука. 2016. № 2 (131). С. 4–17.

5. Печников А.Н., Аванесова Т.П., Шиков А.Н. Электронное обучение: учеб. пособие. СПб.: ВАС, 2014. 73 с.
6. Печников А.Н., Прензов А.В. Подход к оценке сформированности специальных компетенций // Образование и наука. 2017. Т. 19. № 5. С. 28–54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29233494> (дата обращения: 19.11.2020).
7. О порядке присуждения ученых степеней (вместе с Положением о присуждении ученых степеней): постановление Правительства Рос. Федерации от 24 сент. 2013 г. № 842. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70461216/paragraph/1:0> (дата обращения: 19.11.2020).
8. Новиков А.М. Основания педагогики: пособие для авторов учебников и преподавателей. М.: Изд-во «Эгвес», 2010. 208 с.
9. Беспалько В.П. Основы теории педагогических систем. Воронеж: Изд-во. Воронежского университета, 1977. 346 с.
10. Платонов К.К. Структура и развитие личности. М.: Наука, 1986. 254 с.
11. Наследов А.Д. SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных. СПб.: Питер, 2011. 400 с.
12. Прензов А.В., Печников А.Н., Машошина А.А. Об особенностях процессов формирования способностей (специальных компетенций) // Образование и наука. 2018. Т. 20. № 1. С. 9–53.
13. Печников А.Н. Методика измерения профессиональных способностей (компетенций) // Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 20–37.
14. Печников А.Н., Прензов А.В. Результаты апробации методики измерения профессиональных способностей и выявленные закономерности формирования их отдельных уровней // Образовательные технологии и общество. 2020. Т. 23. № 1. С. 38–50.
15. Определение типов мышления и уровня креативности: Опросник-методика Дж. Брунера. URL: https://www.liveinternet.ru/users/the_swan/post257725235 (дата обращения: 19.11.2020).
16. Остапенко Р.И. Многомерный анализ данных для психологов: учеб.-метод. пособие. Воронеж: ВГПУ, 2012. 72 с.
17. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. 418 с.

References

1. Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii: Feder. zakon Ros. Federacii ot 21 dek. 2012 g. № 273-FZ. URL: <https://base.garant.ru/70291362/> (data obrashcheniya: 19.11.2020).
2. Ob organizacii deyat'nosti ad"yunktury voennyh obrazovatel'nyh organizacij vysshego obrazovaniya, organizacij dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya i nauchnyh organizacij Ministerstva oborony Rossijskoj Federacii: Prikaz Min. oborony Ros. Federacii ot 18 yanv. 2016 g. № 6.
3. Pechnikov A.N. O vypolnenii v obrazovanii trebovanij, formuliruemyh v sfere social'nogo upravleniya v vide kompetencij // Образование и наука. 2016. № 3 (132). С. 4–28.
4. Pechnikov A.N. O edinom podhode k traktovke kompetencij v sfere social'nogo upravleniya i obrazovaniya // Образование и наука. 2016. № 2 (131). С. 4–17.
5. Pechnikov A.N., Avanesova T.P., Shikov A.N. Elektronnoe obuchenie: ucheb. posobie. SPb.: VAS, 2014. 73 s.
6. Pechnikov A.N., Prenzov A.V. Podhod k ocenke sformirovannosti special'nyh kompetencij // Образование и наука. 2017. Т. 19. № 5. С. 28–54. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29233494> (data obrashcheniya: 19.11.2020).
7. O poryadke prisuzhdeniya uchenyh stepenej (vmeste s Polozheniem o prisuzhdenii uchenyh stepenej): postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 24 sent. 2013 g. № 842. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70461216/paragraph/1:0> (data obrashcheniya: 19.11.2020).
8. Novikov A.M. Osnovaniya pedagogiki: posobie dlya avtorov uchebnikov i prepodavatelej. M.: Izd-vo «Egves», 2010. 208 s.

9. Bespal'ko V.P. Osnovy teorii pedagogicheskikh sistem. Voronezh: Izd-vo. Voronezhskogo universiteta, 1977. 346 s.
10. Platonov K.K. Struktura i razvitie lichnosti. M.: Nauka, 1986. 254 s.
11. Nasledov A.D. SPSS 19: professional'nyj statisticheskij analiz dannyh. SPb.: Piter, 2011. 400 s.
12. Prenzov A.V., Pechnikov A.N., Mashoshina A.A. Ob osobennostyah processov formirovaniya sposobnostej (special'nyh kompetencij) // Obrazovanie i nauka. 2018. T. 20. № 1. S. 9–53.
13. Pechnikov A.N. Metodika izmereniya professional'nyh sposobnostej (kompetencij) // Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. 2020. T. 23. № 1. S. 20–37.
14. Pechnikov A.N., Prenzov A.V. Rezul'taty aprobacii metodiki izmereniya professional'nyh sposobnostej i vyyavlennye zakonomernosti formirovaniya ih otдел'nyh urovnej // Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. 2020. T. 23. № 1. S. 38–50.
15. Opredelenie tipov myshleniya i urovnya kreativnosti: Oprosnik-metodika Dzh. Brunera. URL: https://www.liveinternet.ru/users/the_swan/post257725235 (data obrashcheniya: 19.11.2020).
16. Ostapenko R.I. Mnogomernyj analiz dannyh dlya psihologov: ucheb.-metod. posobie. Voronezh: VGPU, 2012. 72 s.
17. Shennon R. Imitacionnoe modelirovanie sistem – iskusstvo i nauka. M.: Mir, 1978. 418 s.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абузалата Мухаммед Халил – проф. каф. инж. мехатроники Ун-та прикладных наук Аль-Балка, декан (президент) Арабского университетского технологич. колледжа, Иордания;

Агеев Павел Михайлович – ст. науч. сотр. отд. испытаний и разработ. науч.-техн. продукции в обл. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Акимова Александра Борисовна – адъюнкт СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. А2 «Технол. конструкцион. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

Барина Юлиа Сергеевна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Баскин Юрий Григорьевич – проф. каф. пож. авар.-спас. техники и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

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.;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Грешных Антонина Адольфовна – декан фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук, д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Данилов Игорь Лолиевич – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук, доц.;

Егорова Наталья Ивановна – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук;

Журавлев Юрий Юрьевич – нач. норм.-техн. отд. ООО «НИЭЦ ПБ» (129343, Москва, ул. Докукина, д. 8, стр. 2);

Заводсков Геннадий Николаевич – ст. препод. каф. систем. анализа и упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ncuks73@mail.ru;

Зубова Людмила Витальевна – доц. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук;

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Козлов Александр Александрович – зам. нач. отд. Департамента надзор. деят. и профилакт. работы МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1);

Коровин Эдуард Викторович – обучающийся ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р экон. наук, доц.;

Королев Олег Александрович – науч. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13), e-mail: korolev@iptran.ru.

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Кучеренко Дмитрий Викторович – зам. нач. Упр. информатиз. и автоматиз. Комитета имущественных отношений СПб, Правительства СПб (191144, Санкт-Петербург, ул. Новгородская, д. 20, лит. А), e-mail: kucherenko.dmitry@gmail.com;

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.;

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;

Мальгин Игорь Геннадьевич – дир. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13), д-р техн. наук, проф.;

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.;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Мещеряков Станислав Андреевич – аспирант каф. А2 «Технол. конструкц. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21);

Моторыгин Юрий Дмитриевич – проф. каф. криминал. и инж.-техн. экспертиз СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Никитин Ю.А. – Воен. акад. материально-технич. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), д-р экон. наук;

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@igprs.ru, канд. техн. наук, доц.;

Панов Алексей Алексеевич – ст. инспектор отд. Департамента надзор. деят. и профилакт. работы МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1), канд. техн. наук;

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Писарев Сергей Николаевич – препод. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук;

Печников Андрей Николаевич – проф. 1 каф. гуманитар. и соц.-экон. дисциплин Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3), д-р пед. наук, д-р техн. наук;

Поташев Дмитрий Анатольевич – ст. препод.-методист отд. инновац. проектов и программ ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Рева Юрий Викторович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Свидзинская Галина Борисовна – 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.;

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.;

Сысоева Татьяна Павловна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Сытдыков Максим Равильевич – нач. каф. пож, авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Терехин Сергей Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Тиамийу Осуолале Абдулрахамон – ст. препод. каф. телекоммуникац. науки Ун-та Илорина (Нигерия, г. Илорин, штат Квара), канд. техн. наук;

Трофимец Валерий Ярославович – 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.;

Тумановский Артур Александрович – нач. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

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;

Шклярник Владимир Алексеевич – ст. препод. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доц.;

Щетка Владимир Федорович – проф. каф. систем. анализа и упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, проф.;

Якуба Григорий Александрович – адъюнкт 4 каф. орг. боевой подгот. и повседнев. деят. войск связи Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 3);

Ярошенко Александр Юрьевич – Департамент информ. технол. и связи МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1).