

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 2 (46) – 2018

Редакционный совет

Председатель – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – (главный редактор) доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Галишев Михаил Алексеевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, начальник Научно-исследовательского института перспективных исследований и научных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Байков Валентин Иванович**, профессор кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Крутолапов Александр Сергеевич**, заместитель начальника института развития по учебно-методической работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, доцент **Терехин Сергей Николаевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Малыгин Игорь Геннадьевич**, директор Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук;

доктор химических наук, профессор полковник внутренней службы **Калач Андрей Владимирович**, заместитель начальника по научной работе Воронежского института – филиала Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России;

доктор химических наук, профессор **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета химической и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

доктор химических наук, профессор **Богданова Валентина Владимировна**, профессор кафедры процессов горения и взрыва Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

доктор физико-математических наук, профессор **Гончаренко Игорь Андреевич**, профессор кафедры естественных наук Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Николич Божо**, профессор Высшей технической школы г. Нови Сад (Республика Сербия);

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия).

Секретарь совета:

доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Редакционная коллегия

Председатель – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

Заместитель председателя – кандидат технических наук майор внутренней службы **Турсенев Сергей Александрович**, начальник отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор **Моторыгин Юрий Дмитриевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор педагогических наук, профессор **Пашута Валерий Лукич**, заведующий кафедрой психолого-педагогических и правовых основ служебно-прикладной физической подготовки Военного института физической культуры;

кандидат военных наук, доцент полковник внутренней службы **Горбунов Алексей Александрович**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Пелех Михаил Теодозиевич**, заместитель начальника университета по учебной работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Фомин Александр Викторович**, профессор кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Шидловский Александр Леонидович**, начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Маловечко Владимир Александрович**, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор экономических наук, профессор **Бардулин Евгений Николаевич**, заведующий кафедрой управления и интегрированных маркетинговых коммуникаций Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь коллегии:

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Сытдыков Максим Равильевич**, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» включен в Реферативный журнал и базы данных ВИНТИ РАН.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Uberich's Periodicals Directory».

Решением ВАК журнал включен в перечень периодических научных и научно-технических изданий, в которых рекомендуется публикация материалов, учитывающихся при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Вытовтов А.В., Калач А.В. Способ оценки различных воздействий, проявляющихся в процессе развития аварии на линейных нефтегазовых объектах 6

Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Газодинамический удар в магистралях поршневых компрессоров 12

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Елисеев И.Б., Фомин А.В., Турсенев С.А. Методика расчета времени эвакуации людей из двухэтажных пассажирских вагонов 19

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

Коннова Л.А., Львова Ю.В., Руднев Е.В. О транспортных средствах для поисково-спасательных работ в арктической тундре 27

Таранцев А.А., Лосев М.А., Потапенко В.В. Об оценке тепловых и силовых нагрузок при баллистической транспортировке грузового контейнера 37

Троянов О.М., Рева Ю.В. Экологический компонент комплексной безопасности жизнедеятельности населения 42

Горбунов А.А., Шангин В.Н., Пономорчук А.Ю. Организация информационной поддержки процесса принятия решения по выбору местоположения элементов группировки РСЧС при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций 50

Комаров М.И., Булатов В.О., Думчева М.М. Разработка тренажерного комплекса для сотрудников аварийно-спасательных формирований, осуществляющих работы с применением авиаспасательных технологий 55

Крюкова М.С., Фахми Ш.С., Шидловский А.Л. Оценка показателей качества видеосистемы обнаружения лесных пожаров 63

Воднев С.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Модель комплексной оценки процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России ... 73

Лещинский П.Д., Онов В.А., Щетка В.Ф. Модель поддержки принятия решений для оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на объектах водного транспорта 80

Иванченко А.А. Снижение чрезвычайного воздействия водного транспорта на атмосферу городской среды 90

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Боева А.А., Терехин С.Н., Шидловский Г.Л. Модель процесса изменения предела огнестойкости металлической конструкции трубопроводного транспорта в условиях углеводородного пожара 94

Шепелюк С.И., Рязанов А.А., Мурзин С.М. Применение модифицированных водногелевых растворов для пожаротушения на объектах нефтегазового комплекса 101

Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных 105

Головина Е.В., Беззапонная О.В. Влияние кремнийсодержащих компонентов на термостойкость и снижение горючести огнезащитных составов интумесцентного типа 110

Черных А.К., Астанков А.А., Казакова Н.Р. К вопросу об обнаружении на месте пожара следов светлого нефтепродукта – инициатора горения в случаях поджогов автотранспортных средств 119

Елисеев Ю.Н., Скотдаев С.В., Сысоева Т.П. Динамика пожаров легковых автомобилей 127

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Лабинский А.Ю. Адаптивное фильтрование изображения, распознаваемого нейронной сетью 133

**ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Антонченко В.В. Профилактическая работа в сфере обеспечения пожарной безопасности – когда уроки нас чему-нибудь научат? 139

Зокоев В.А. Некоторые вопросы нормативно-правового обеспечения гражданской обороны в Российской Федерации 144

ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО. ОХРАНА ТРУДА

Титаренко Ю.А. Питьевой режим при физической нагрузке 151

Сведения об авторах 154

Информационная справка. 157

Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере». 162

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Проблемы управления рисками в техносфере», без письменного разрешения редакции не допускается.

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК 84.7Р

УДК 614.84+614.842.84

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Проблемы управления рисками в техносфере»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 1998-8990

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2018

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

СПОСОБ ОЦЕНКИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ПРОЯВЛЯЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ АВАРИИ НА ЛИНЕЙНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ

А.В. Вытовтов;

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

**Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной
академии ГПС МЧС России**

Рассмотрен вопрос повышения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли за счет использования беспилотных воздушных судов. Проведен анализ возможных аварийных ситуаций с возникновением пламенного горения вблизи трубопровода. Предложен алгоритм способа автоматизированного обнаружения пламени с борта летательного аппарата. Раскрыт принцип работы фильтра, анализирующего цвет пламени, и приведена регрессионная модель для его реализации.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, распознавание пламени, система автоматического контроля, алгоритм распознавания, дрон, линейный объект нефтегазовой отрасли

METHOD OF ESTIMATION OF VARIOUS IMPACTS IMPLIED IN THE PROCESS OF ACCIDENT DEVELOPMENT AT LINEAR OIL AND GAS OBJECTS

A.V. Vytovtov; A.V. Kalach.

Voronezh institute – a branch of the Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The issue of increasing the fire safety of line objects in the oil and gas industry due to the use of unmanned aircraft has been considered. The analysis of possible emergency situations with the appearance of flaming combustion near the pipeline was carried out. An algorithm for the method of automated detection of a flame from an aircraft board is proposed. The working principle of the flame color analyzing filter is disclosed and a regression model is presented for its implementation.

Keywords: unmanned aircraft, flame recognition, automatic control system, recognition algorithm, drone, linear object of oil and gas industry

Обеспечение пожарной безопасности магистральных нефтегазопроводов осложняется большой протяженностью и труднодоступностью мест их прокладки. В существующей практике для целей проверки экологической, охранной и пожарной безопасности с воздуха

применяют вертолетные облеты [1]. Данный способ по сравнению с эксплуатацией для этих целей беспилотных воздушных судов отличается высокой стоимостью. Также арендуемые вертолеты не оборудованы специальными устройствами для мониторинга. Контроль проводится проверяющими через иллюминаторы, что ухудшает условия наблюдения и не дает качественных материалов по результатам обследования [2]. Создание летательного аппарата, способного проводить такой мониторинг, это комплекс задач и направлений, выходящих за область пожарной безопасности [3].

Одной из задач в области пожарной безопасности при проведении облетов является фиксация открытого горения вблизи трубопровода. Оно может возникнуть в следующих условиях:

1. Пал костров. Разведение огня категорически запрещено вблизи с трубопроводом, но в условиях низких температур для согревания осознано к этому способу прибегают рыбаки, охотники и даже обслуживающий персонал магистрали.

2. Горение растительной подстилающей поверхности. Данный тип пожаров возникает, как правило, в результате человеческого фактора при неосторожном обращении с огнем [4]. Частным случаем является бесконтрольное горение ягеля на просторах тундры, что является опасным для защищаемых объектов.

3. Локальный очаг горения углеводородов до перетекания в глобальную чрезвычайную ситуацию [5].

В перечисленных случаях оперативность получения информации о горении повышает пожарную безопасность за счет введения оперативных действий по ликвидации пожара [6, 7].

Способ обнаружения реализуется рядом последовательных фильтров. Принцип и порядок работы первого фильтра определен в работе [8]. Вторым элементом является проверка цвета выявленной области на совпадение с гаммой пламени. Для изучения электромагнитного излучения оптического диапазона очага горения при распознавании с борта беспилотного воздушного судна были проанализированы результаты эксперимента для четырех пожарных нагрузок: бензин, нефть, природный газ, древесина [9]. Выбор материалов основывается на прогнозируемых горючих веществах, характерных для линейных объектов нефтегазовой отрасли [10]. Для получения математической зависимости второго фильтра было проанализировано 840 фотографий.

Значение цвета в пространстве RGB представляет собой численное выражение красного, зеленого и синего цвета [11, 12]. Каждый пиксель изображения характеризуется тремя величинами, и в трехмерной оси координат может быть представлен точкой в пространстве [13]. На этапе экспертной выборки факторов рассмотрены два параметра: освещенность, расстояние. В первоначальной гипотезе эти факторы влияют на способность цифровой камеры воспринимать цвет огня. Для обработки результатов эксперимента был разработан скрипт на языке Python 2.7.10 [14], позволяющий выгрузить из области, определенной в первом фильтре, значение каждого пикселя и определить центр симметрии по следующей формуле:

$$\left. \begin{aligned} R_c &= \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N} \\ G_c &= \frac{\sum_{i=1}^N G_i}{N} \\ B_c &= \frac{\sum_{i=1}^N B_i}{N} \end{aligned} \right\}.$$

Для подтверждения значимости взаимодействия цвета и расстояния произведен эксперимент для дистанций 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 м, горение бензина АИ-92, освещенность 300 лк, десять повторов.

Фрагмент результата эксперимента сведен в табл. 1 и представлен в виде графика на рис. 1.

Таблица 1. Фрагмент результатов полигонного эксперимента

Расстояние	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Общ.	Δx
2	238	239	245	245	233	242	242	239	235	241	240	25
	138	152	157	162	101	150	154	136	151	135	144	112
	34	40	43	41	16	39	38	34	42	29	36	52
-//-												
50	249	244	248	248	250	249	252	250	243	249	248	17
	251	231	248	244	244	246	246	246	224	237	242	54
	178	132	189	164	168	170	158	173	121	130	158	147

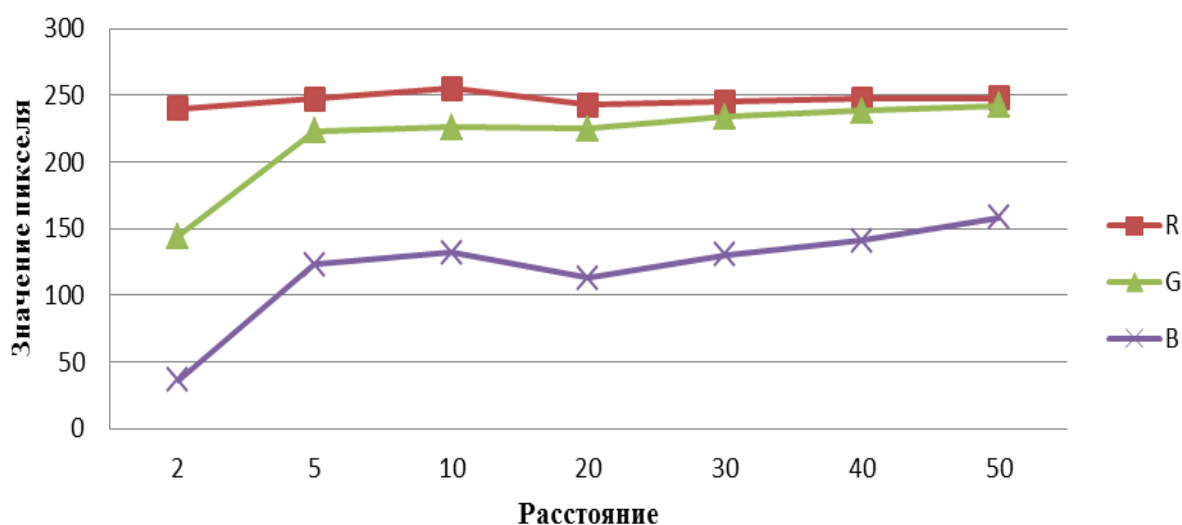


Рис. 1. Зависимость восприятия цвета пламени для каждой из трех компонент от расстояния наблюдения

Из рис. 1 видно, что восприятие камеры цвета огня с расстояния 2 м существенно отличается от восприятия с 5 до 50 м, что объясняется способностью оптики на близком расстоянии принимать больший спектр пикселей цвета. Данная закономерность также прослежена на других экспериментальных данных. В связи с этим расстояние в 2 м не включено в генеральную совокупность. Изменения значений цвета с изменением расстояния будет учтено при вычислении радиуса допуска значений цвета. Для табл. 3 средняя относительная погрешность составила 42,3 %, что обусловлено динамичным изменением цвета пламени во времени. Для учета этого явления и вычисления статистически значимой величины погрешности проведен эксперимент, в котором захват изображения произведен в неизменяемом факторе пространства: расстояние 50 м, освещенность – 300 лк. Выполнено десять циклов по пятьдесят фотографий, в котором проанализирована погрешность между центрами симметрии каждого цикла – относительная погрешность составила 1,08 %. Для выполнения вывода о совпадении значений снимка с беспилотного воздушного судна с гаммой огня численное значение центра симметрии должно попасть в сферу значений, построенных по радиусу допуска от центра в зависимости от значений освещенности. Трехмерная визуализация представлена на рис. 2.

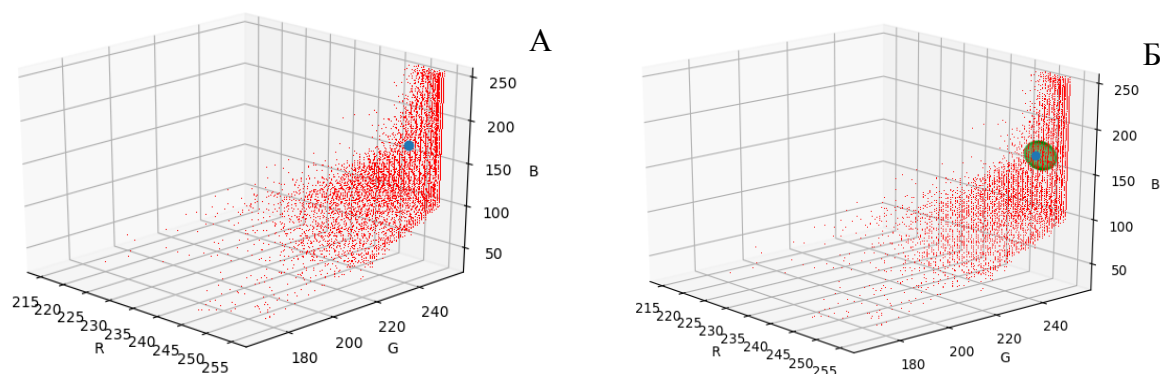


Рис. 2. Возможное распределение цветовой гаммы огня с центром симметрии (А) и область радиуса допуска пламени (Б)

Радиус допуска определен как максимальное расстояние между центром симметрии и разбросом точек, появившимся вследствие изменений цвета от расстояния по следующей формуле:

$$r = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 \cdot (G_2 - G_1)^2 \cdot (B_2 - B_1)^2}.$$

Обобщенные данные результатов эксперимента по каждой из пожарных нагрузок в зависимости от освещенности представлены в табл. 2. В исследовании введен коэффициент запаса 1,1 [15], позволяющий расширить границы допуска фильтра и гарантировать идентификацию цвета.

Радиус допуска значительно изменяется в зависимости от освещенности и в максимальном значении составляет 22 единицы. Для проверки статистических отличий цвета горения разных пожарных нагрузок и расстояний между центрами симметрии для каждой из них сведены в табл. 3. Отдельным столбцом проведен анализ разности расстояний между пожарными нагрузками и максимальным радиусом допуска [16]. Из данных табл. 3 видно, что отличия цвета горения для нефти и бензина составляют две единицы, что показывает совпадение свойств электромагнитного излучения оптического диапазона при горении данных материалов.

Таблица 2. Обобщенные данные результатов эксперимента фильтр 2

Показатель Пожарная нагрузка	0 лк		300 лк		60 000 лк	
	RGB	радиус допуска; пересчет на коэфф. запаса	RGB	радиус допуска; пересчет на коэфф. запаса	RGB	радиус допуска; пересчет на коэфф. запаса
Бензин АИ-92	254	7	248	12	249	19
	253		231		185	
	245	8	133	14	104	21
Нефть	254	6	247	14	247	18
	253		231		184	
	244	7	132	16	104	20
Сжиженный углеводородный газ	254	6	247	11	249	19
	253		231		198	
	232	7	120	13	91	21
Древесина	253	5	248	13	249	20
	240		218		172	
	235	6	123	15	94	22

Таблица 3. Расстояние между центрами симметрии для разных пожарных нагрузок

Пожарная нагрузка; Расстояние между центрами сим- метрий Пожарная нагрузка	Бензин АИ-92		Нефть		Сжиженный углеводородный газ		Древесина	
	г	Г-Г _{max}	г	Г-Г _{max}	г	Г-Г _{max}	г	Г-Г _{max}
Бензин АИ-92	0	—	2	20	15	7	17	5
Нефть	2	20	0	—	15	7	16	6
Сжиженный углеводородный газ	15	7	15	7	0	—	19	3
Древесина	17	5	16	6	19	3	0	—

На этом основании они принимаются как единая пожарная нагрузка [17].

Для описания рассматриваемого набора данных выбрана экспоненциальная регрессия [18]. Использование полиномиального уравнения не обеспечивает выполнение допущений МНК-регрессии. Значение центра симметрии в зависимости от освещенности описывается формулой (1) для бензина и нефти, для сжиженного углеводородного газа – формулой (2), для древесины – формулой (3).

$$\left. \begin{aligned} R_{Nft,i} &= 6.073e^{-0,015a} - 226.96e^{-10^{-7}a} + 474.88e^{-10^{-8}a} \\ G_{Nft,i} &= 22.014e^{-0,015a} + 8518e^{-10^{-7}a} - 8287e^{-10^{-8}a} \\ B_{Nft,i} &= 112.364e^{-0,018a} + 5306e^{-10^{-7}a} - 5173e^{-10^{-8}a} \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{SUG,i} &= 7.089e^{-0,015a} - 415.691e^{-10^{-7}a} + 662.602e^{-10^{-8}a} \\ G_{SUG,i} &= 22.08e^{-0,015a} + 6091e^{-10^{-7}a} - 5860e^{-10^{-8}a} \\ B_{SUG,i} &= 112.364e^{-0,018a} + 5307e^{-10^{-7}a} - 5188e^{-10^{-8}a} \end{aligned} \right\}; \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{Der,i} &= 5.062e^{-0,015a} - 224.866e^{-10^{-7}a} + 472.804e^{-10^{-8}a} \\ G_{Der,i} &= 22.014e^{-0,015a} - 8520e^{-10^{-7}a} - 8302e^{-10^{-8}a} \\ B_{Der,i} &= 112.364e^{-0,018a} + 5307e^{-10^{-7}a} - 5184e^{-10^{-8}a} \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Радиус допуска зависит от освещенности и определяется по следующей формуле:

$$r = -8,06e^{-0,015a} - 1105e^{-10^{-7}a} - 1122e^{-10^{-8}a}.$$

Схема алгоритма способа обнаружения пламени на линейных нефтегазовых объектах представлена на рис. 3.

Вычислительную нагрузку при реализации разработанной математической модели обнаружения выполняет штатный микропроцессор беспилотного воздушного судна, алгоритм интегрирован в бортовую систему и является дополнением, расширяющим функционал устройства. Способ в первую очередь охватывает пожаровзрывоопасные углеводороды [19, 20]. Это позволяет реализовывать функцию обнаружения без дополнительного навесного оборудования штатными средствами беспилотного летательного аппарата.

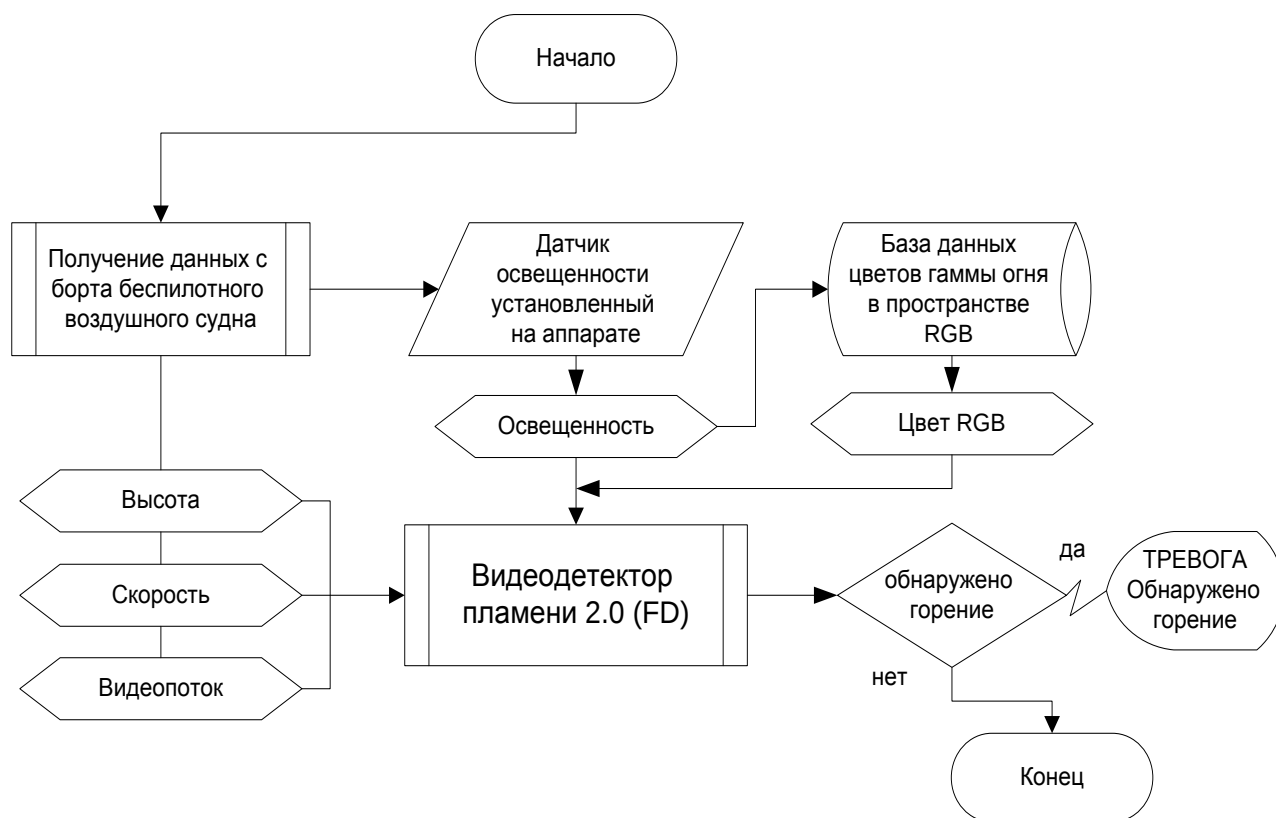


Рис. 3. Схема алгоритма способа для оценки различных воздействий, проявляющихся в процессе развития аварии на линейных нефтегазовых объектах

Литература

1. Зарубежный опыт использования микрокамер в инфракрасном диапазоне на БПЛА для обнаружения огня / Ю.М. Лебедев [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 1. С. 28–33.
2. Русских Д.В., Денисов М.С. Методы определение пламени и задымления с помощью анализа видеоизображения // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2013): сб. трудов VI Междунар. конф. 2013. С. 89.
3. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов / А.В. Вытовтов [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 2. С. 87–91.
4. Имитационное моделирование площади пожара с применением метода Монте-Карло в рамках интегральной математической модели пожара / И.В. Ситников [и др.] // Инженерные системы и сооружения. 2012. № 4 (9). С. 75–82.
5. Capitan J., Merino L., Ollero A. Cooperative decision-making under uncertainties for multi-target surveillance with multiple UAVs // Journal of Intelligent and Robotic Systems, 84. Springer Netherlands, 2016. Pp. 371–386.
6. Dalamagkidis K., Valavanis K.P., Piegl L.A. Current Status and Future Perspectives for Unmanned Aircraft System Operations in the US // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2008. Vol. 52. No. 2. Pp. 313–327.
7. Rabta B., Wankmüller C., Reiner G. A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2018. Vol. 28. P. 107–111.
8. Вытовтов А.В., Калач А.В., Куликова Т.Н. Алгоритм распознавания пламени с борта беспилотного воздушного судна // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 3 (24). С. 86–90.

9. Разработка и создание веб-приложения по моделированию чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса / А.Ю. Устюжанина [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 1 (107). С. 210–218.
10. Демехин Ф.В. Методологические основы совершенствования автоматизированных систем противопожарной защиты предприятий нефтеперерабатывающего комплекса с применением видеотехнологий: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2009. 383 с.
11. Dadashzadeh M., Khan F., Hawboldt K., Amyotte P. An integrated approach for fire and explosion consequence modeling // Fire Safety Journal. 2013. Vol. 61. Pp. 324–337.
12. Utilization of remote sensing techniques for the quantification of fire behavior in two pine stands / E.V. Mueller [et al] // Fire Safety Journal. 2017. Vol. 91. Pp. 845–854.
13. Laszlo B., Agoston R., Xu Q. Conceptual Approach of Measuring the Professional and Economic Effectiveness of Drone Applications Supporting Forest fire Management // Procedia Engineering. 2018. Vol. 211. Pp. 8–17.
14. Чудаков А.А. Верификация метода восстановления рельефа местности на основе картографических данных // Фундаментальные проблемы системной безопасности материалы школы-семинара молодых ученых. 2014. С. 254–259.
15. Королев Д.С. Методика прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки для обеспечения пожарной и промышленной безопасности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2017.
16. Dunnington L., Nakagawa M. Fast and safe gas detection from underground coal fire by drone fly over // Environmental Pollution. 2017. Vol. 229. Pp. 139–145.
17. Королев Д.С., Калач А.В. Прогнозирование пожароопасных свойств веществ: монография. Воронеж, 2018.
18. Мазаев А.В., Иванова Ю.В. Особенности технологии изготовления панели двойной кривизны и переменной толщины из композита сиап // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Инновации в строительстве. 2017. № 3. С. 76–82.
19. Способ изотермического хранения и регазификации сжиженного углеводородного газа: пат. RUS 2610800; патентообладатель Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Усачев Д.К., Хабибов М.А.У. 10.11.2015. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/261/2610800.html> (дата обращения: 14.12.2017).
20. Способ осушки углеводородного газа диэтиленгликолем: пат. на изобретение RUS 2634782; патентообладатель Шевцов С.А., Калач А.В., Каргашилов Д.В., Сапелкин Д.И. 20.07.2016. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/263/2634782.html> (дата обращения: 14.12.2017).

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЙ УДАР В МАГИСТРАЛЯХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

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

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проанализированы условия возникновения газодинамического удара в магистральных поршневого компрессора. Показана связь потери энергии вследствие газодинамического удара и волновых явлений в коммуникациях поршневого компрессора. Сформулированы рекомендации по уменьшению энергии разгонной волны для многоступенчатых компрессоров с промежуточным охлаждением.

Ключевые слова: поршневой компрессор, ресивер, газодинамический удар, разгонная волна, потери энергии, скачок давления, газовые магистрали

GAS-DYNAMIC SHOCK IN THE PISTON COMPRESSOR LINES

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

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

We analyzed conditions of the gas-dynamic shock occurrence in the piston compressor lines and showed the relationship between energy loss due to gas-dynamic shock and wave phenomena in the piston compressor lines. We formulated recommendations for accelerating wave energy reducing for multistage compressors with intercooling.

Keywords: piston compressor, receiver, gas-dynamic shock, acceleration wave, energy loss, pressure jump, gas lines

Поршневой компрессор является оборудованием, поставляющим сжатый воздух для пневматических домкратов, пневматических подушек, перфораторов, которые применяются личным составом подразделений федеральной противопожарной службы при ведении спасательных и аварийно-восстановительных работ [1]. Это специальное оборудование является незаменимым в тех случаях, когда необходимо обеспечить пневматическое оборудование источником энергии, что требует от компрессора высокой надежности. Потенциальные последствия аварии на магистралях поршневого компрессора могут быть весьма значительны, хотя могут быть различные последствия в зависимости от их конфигурации.

В газовых магистралях компрессора наблюдаются потери энергии, связанные с пульсирующим характером газового потока, вызывающим газодинамический удар и волновое движение газа, которые при определенном стечении обстоятельств могут вызвать аварию. К моменту начала процессов всасывания и нагнетания газ, находящийся в трубопроводе, находится в состоянии покоя, однако при этом возможны его колебательные движения. Скорость движения поршня, находящегося в верхней или мертвой точках невелика и может приниматься конечной величиной, что может быть причиной возникновения газодинамического удара, провоцирующего скачок (перепад) давления ΔP , который может быть отрицательным в процессе всасывания и положительным в процессе нагнетания. Этот перепад давления двигается по трубопроводу от начала цилиндра до его конца, открытого в ресивер. Можно предположить, что в момент начала процесса нагнетания газ, находящийся в нагнетательном трубопроводе, практически неподвижен, а процесс открывания нагнетательного клапана происходит достаточно быстро, а сам процесс реализуется полностью.

За время dt с момента начала нагнетания приходит в движение только элементарный слой газа толщиной dl , массу этого слоя можно определить как $\rho \cdot f \cdot dl$, если обозначить плотность ρ , а площадь сечения трубопровода – f .

По закону о сохранении количества движения имеем:

$$\Delta p \cdot f \cdot dt = \rho \cdot f \cdot c_T \cdot dl,$$

где c_T – скорость газа, поступающего в трубопровод.

Отсюда:

$$\Delta p = \rho \frac{dl}{dt} c_T.$$

Отношение dl/dt является скоростью распространения скачка избыточного давления, которую можно представить суммой скорости звука c_{36} для неподвижного газа и скорости поступательного движения газа по трубопроводу. Однако последняя относительно мала и в компрессорных установках обычно не превышает 5 % от скорости звука [2]. Пренебрегая ее величиной, находим:

$$\Delta p = \rho \cdot c_{36} \cdot c_T. \quad (1)$$

Уравнение (1) предложено Н.Е. Жуковским для гидравлического удара, но справедливо равным образом и для газодинамического удара [3].

Скачок давления возникает у цилиндра, и далее происходит его распространение по трубопроводу, при этом газ продолжает оставаться неподвижным на удаленных участках, а величина давления равна начальному значению. Если предположить, что величина скорости поршня остается постоянной, а трение минимально, то значение избыточного давления газа по всему участку трубопровода от места сопряжения трубопровода и цилиндра до текущего положения этого перепада равно ΔP . Если скорость движения поршня считать переменной величиной, то любое плавное изменение значения этой скорости c может быть представлено как результат множества мгновенных приращений dc . Им соответствуют скачки скорости газа на входе в трубопровод $dc_{ст}$ и дополнительные скачки давления могут быть представлены соотношением $dP = \rho \cdot c_{36} \cdot dc_{ст}$.

Если величина скачка избыточного давления ΔP мала, то значение скорости движения газа c_T на выходном срезе трубопровода будет пропорционально скорости движения поршня c , а зависимость значения скачка избыточного давления ΔP на отрезке трубопровода, примыкающем к цилиндру компрессора, в соответствии с уравнением (1) повторяет в известном масштабе зависимость скорости поршня от угла поворота коленчатого вала. Условием сохранения подобной закономерности является достаточная длина трубопровода, которая позволяет скачку избыточного давления ΔP , отраженного от противоположного конца трубопровода, достигнуть цилиндра после окончания процессов нагнетания или всасывания. Картина распространения скачка избыточного давления ΔP в коротких трубопроводах усложняется взаимным наложением прямых и отраженных волн, при этом можно допустить, что скорость хода поршня постоянна в течение всего его хода, величина хода поршня значительно меньше длины трубопровода, а конечной нагрузкой трубопровода является ресивер большого объема.

Процесс распространения скачка избыточного давления ΔP происходит по трубопроводу длиной l со скоростью звука c_{36} , поэтому время достижения открытого конца трубопровода можно определить как $t = l/c_{36}$. Исходной точкой распространения этого скачка давления можно считать как начало трубопровода, так и поверхность поршня вследствие относительно малой длины трубопровода. В момент времени t объем газа, находящийся в трубопроводе, движется со скоростью c_T под избыточным давлением ΔP , однако в ресивере большого объема отсутствует избыточное давление и на крайний слой газа, находящийся рядом с открытым концом трубопровода идвигающийся со скоростью c_T , действует скачок избыточного давления ΔP . Поэтому на этот слой действует новый импульс, который вызывает увеличение его скорости до величины $2c_T$, а избыточное давление ΔP в этой области уменьшается до нуля.

Вслед за крайним слоем уменьшение избыточного давления газа распространяется на соседние слои, а по трубопроводу начинает двигаться отраженная волна избыточного давления, которая начинает перемещаться в обратную сторону, от ресивера в направлении цилиндра. Если пренебречь величиной скорости поступательного движения газового потока, то продолжительность хода волны при обратном ходе будет равна продолжительности прямого хода, тогда в конце периода сжатия на первой фазе колебательного процесса:

$$t_o = 2t = \frac{2l}{c_{36}}$$

и весь объем газа, находящийся в трубопроводе, приобретает скорость $2c_t$, а его избыточное давление уменьшается до первоначального значения P . В момент получения скорости $2c_t$ наружным слоем газа, контактирующим с цилиндром, в самом цилиндре возникает импульс отрицательного давления $-P$, который провоцирует импульс уменьшения скорости движения этого слоя газа до значения $2c_t$.

При наступлении второй фазы процесса колебания давления его скачок начинает двигаться по трубопроводу от поршня до ресивера, и в этом случае по всему трубопроводу устанавливается давление, равное $-AP$, а скорость перемещения газа $-c_t$, однако, учитывая отрицательное значение давления $-AP$ наружного слоя газа у ресивера, его скорость уменьшается до нулевого значения, а его давление увеличивается от $-AP$ до $AP=0$.

Начиная с этого момента времени, волна нулевого скачка избыточного давления и нулевой скорости движения газа двигается по трубопроводу от крайнего к ресиверу конца к поршню, и к окончанию второй фазы колебательного процесса значения избыточного давления и скорости движения газа приобретают свои исходные значения на момент начала первой фазы колебательного процесса. То есть избыточное давление газа и скорость газового потока по трубопроводу становятся равными нулю, при этом на протяжении полного цикла колебательного процесса с периодом:

$$2t_o = \frac{4l}{c_{36}},$$

скачок избыточного давления и скорости четыре раза пробегут по всей длине трубопровода, что делает скорость движения газа постоянной и равной c_t на протяжении всего участка трубопровода между текущим положением максимума избыточного давления и началом трубопровода у цилиндра. Однако давление на этом участке остается переменным с колебанием значения от $+AP$ до $-AP$, при этом на участке, находящимся между текущим положением скачка давления и ресивером, скорость изменяется от 0 до $2c_t$, а значение давления газа сохраняется постоянным и равно абсолютному давлению газа P , которое характерно для участка трубопровода в районе сопряжения с ресивером. Для инициации колебательного движения газа необходимо затратить определенную энергию уже на первой фазе, при которой происходит разгон газового столба, однако в ходе протекания последующих фаз некоторая часть затраченной энергии возвращается. При равномерно-ускоренном движении поршня в первой половине движения и равномерно-замедленном движении во второй линейное увеличение величины давления на днище поршня происходит вплоть до времени t_o , при котором в начале следующей фазы колебательного движения под действием отраженной волны наблюдается уменьшение величины давления. К моменту времени $2t_o$ величина давления может достигнуть первоначального значения, и перепад давления обнуляется, после чего происходит начало новой фазы колебательного процесса. В ходе всего периода равноускоренного движения поршня величина давления газа колеблется в диапазоне $+AP \div 0$. В начале периода равнозамедленного движения поршня зона колебаний перемещается в отрицательный диапазон, который находится в пределах $0 \div -AP$.

Можно предположить, что если бы весь газ, находящийся в трубопроводе между цилиндром и ресивером совершал не колебательное, а, вслед за поршнем, равномерно-ускоренное движение, то величину инерциального давления на днище поршня можно определить как:

$$\Delta P_j = \frac{j \cdot l \cdot \gamma}{g},$$

где j – величина ускорения; l – длина участка трубопровода между цилиндром и ресивером; γ – удельный вес сжимаемого газа при данных условиях.

С другой стороны, средние потери напора $\Delta P_{cp} = \Delta P/2$, определяемые при помощи уравнения (1), равны:

$$\Delta P_{cp} = \frac{\rho \cdot c_{36} \cdot c_T}{2}.$$

Заменяя $\rho = \gamma/g$, $c_m = j \cdot t_o$ и $t_o = 2 \cdot l/c_{36}$, находим:

$$\Delta P_{cp} = \frac{j \cdot l \cdot \gamma}{g} = \Delta P_j,$$

то есть можно сделать вывод, что для случая короткого трубопровода величина среднего волнового давления газового потока равна величине среднего инерционного значения.

Колебательные движения газового потока, возникающие в начале перемещения газа по короткому трубопроводу между поршнем и ресивером, достаточно быстро затухают, а величина избыточного давления на днище поршня зависит уже не от скорости газа, а от его ускорения. Это может быть объяснено уравниванием избыточного давления с инерционным давлением в основании газового столба.

В работе [4] показано, что для случая гармонического движения поршня и постоянном значении ускорения первоначально неподвижного газового потока изменения избыточного давления развиваются синхронно с процессом изменения инерциального давления, но с фазовым сдвигом в 90° .

В тупиковом трубопроводе с глухим концом картина колебания давления отличается коренным образом от рассмотренной выше. В начальной стадии колебания давления образуется так же, как в трубопроводе с открытым концом. Но, достигнув глухого конца, скачок отражается от него таким образом, что на всем участке между движущимся обратным скачком и глухим концом скорость газа равна нулю, а избыток давления удваивается. После двойного пробега скачка весь газ в трубопроводе оказывается в состоянии покоя, но под избыточным давлением $2\Delta P$. Таким образом, в тупиковом трубопроводе полный цикл колебания завершается не за четыре, а за два пробега скачка. С началом нового цикла колебаний последует новый скачок избыточного давления ΔP , так что результирующий избыток давления на днище поршня уже равен $3\Delta P$. Существуют также усложняющие обстоятельства, заключающиеся в успокаивающем влиянии трения к сопротивлениям, изменении сечения трубопровода, влиянии переменного объема цилиндра и промежуточных емкостей, изменении температуры газа в холодильнике, длительности открывания клапана и т.д.

Сложность задачи вычисления энергии разгонной волны при газодинамическом ударе заставляет ограничиться приближенным решением. Допустим, что работа на образование разгонной волны будет равна потери энергии вследствие газодинамического удара $\Delta L_{y\partial}$. Тогда потеря энергии в процессе газодинамического удара:

$$\Delta L_{y\partial} = \int_{S_1}^{S_2} \Delta P \cdot F \cdot dS, \quad (2)$$

где S_1 – позиция днища поршня в верхней мертвой точке; S_2 – новая позиция днища поршня к концу первой фазы колебания, определяемая по перемещению поршня за время движения волны колебаний в прямом и обратном направлениях; F – площадь днища поршня.

Заменив в уравнении (1) величину плотности ρ из соотношения:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1}{g \cdot v} = \frac{k \cdot P}{k \cdot g \cdot R \cdot T} = \frac{k \cdot P}{c_{36}^2},$$

имеем:

$$\Delta P = k \cdot P \frac{c_T}{c_{36}},$$

где k – постоянная адиабаты газа; P – номинальное давление газа.

Выражая далее величину текущей скорости c_T в трубопроводе через текущую скорость перемещения поршня c :

$$c_T = \frac{F}{f} c,$$

где f – площадь живого сечения трубопровода, производя подстановку в уравнение (2), находим энергию газодинамического удара:

$$\Delta L_{y\partial} = \int_{s_1}^{s_2} k \cdot P \frac{F^2}{f} \cdot \frac{c}{c_{36}} \cdot dS.$$

Величина мгновенной скорости поршня зависит от угла поворота коленчатого вала α и равна:

$$c = \frac{S \cdot \omega}{2} \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right).$$

Учитывая далее, что:

$$dS = c dt = c \frac{d\alpha}{\omega} = \frac{S}{2} \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) d\alpha.$$

Окончательно находим значение энергии газодинамического удара:

$$\Delta L_{y\partial} = k \cdot P \frac{F^2}{f} \cdot \frac{S^2 \omega}{4c_{36}} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right)^2 d\alpha,$$

где $S = 30 \cdot c_{cp} / n$ – текущее положение поршня; $\omega = \pi \cdot n / 30$ – угловая скорость вращения коленчатого вала.

Значение угла α_1 зависит от степени сжатия ступени и находится при помощи специальных номограмм, размещенных, например, в работе [5].

Угол α_2 можно найти по эмпирической формуле:

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 57,3 \cdot \omega \frac{2l}{c_{36}}.$$

Задача вычисления энергии газодинамического удара в межступенчатых линиях многоступенчатых компрессоров усложняется тем, что в случаях, когда нагнетание в межступенчатую линию и всасывание оттуда происходят одновременно, ударные волны обеих ступеней частично гасят друг друга.

В расчете энергии разгонной волны в межступенчатых линиях можно принимать в расчет лишь газодинамический удар, возникающий под влиянием нагнетающей ступени, и считать, что ударная волна возбуждается на всем участке нагнетания до мертвой точки. Соответственно этому угол α_2 равен для нагнетания из полости цилиндра со стороны крышки 360° и для полости со стороны вала – 180° . Величину энергии газодинамического удара при отсутствии ресивера ориентировочно рекомендуется принимать в расчет с коэффициентом 0,5 [3].

Радикальными средствами снижения энергии разгонной волны газодинамического удара и повышения надежности работы многоступенчатых поршневых компрессоров является устройство буферных емкостей с расположением их на линиях всасывания и нагнетания каждой ступени в непосредственной близости от цилиндра. Роль таких емкостей особенно велика в случае длинных магистралей, а также при наличии холодильников промежуточного охлаждения типа «труба в трубе» или змеевиковых. При отсутствии или недостаточном объеме буферных емкостей или при необходимости расположить их на определенном расстоянии от цилиндров (например, в холодильнике промежуточного охлаждения) присоединенные к цилиндру трубопроводы должны быть выполнены увеличенного диаметра. Всасывающие трубы воздушных компрессоров следует делать по возможности короткими.

Литература

1. Нормы табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года: Приложение к Приказу МЧС России от 25 июля 2006 г. № 425 // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 02.11.2017).
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. / под ред. И.Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1999. Т. 2. 880 с.
3. Земенков Ю.Д., Васильев Г.Г., Гульков. А.Н. Эксплуатация оборудования и объектов газовой промышленности: учеб. пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2008. 607 с.
4. Пластилин П.И. Поршневые компрессоры. Теория и расчет. 2-е изд. М.: Колос, 2008. Т.1. 456 с.
5. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учеб. для теплоэнергетических специальностей вузов. 2-е изд., пререраб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ДВУХЭТАЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

И.Б. Елисеев;

**А.В. Фомин, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

С.А. Турсенев, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проанализированы существующие методики по безопасной эвакуации пассажиров из вагонов, разработана новая методика по расчету времени эвакуации пассажиров из двухэтажных вагонов, на основе полученной методики произведено моделирование эвакуации пассажиров, получены числовые значения по расчету эвакуации и даны рекомендации по оснащению двухэтажных вагонов дополнительными эвакуационными выходами в виде надувных трапов.

Ключевые слова: эвакуация пассажиров, методика расчета времени эвакуации, опасные факторы пожара, время блокирования

METHOD OF CALCULATING THE TIME OF EVACUATION OF PEOPLE FROM TWO-STORAGE PASSENGER WAGONS

I.B. Eliseev; A.V. Fomin; S.A. Tursenev.

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

The article analyzes the existing methods for the safe evacuation of passengers from cars, developed a new methodology for calculating the evacuation time of passengers from two-story cars, based on the obtained methodology, the evacuation of passengers was simulated, numerical values were calculated for the calculation of evacuation and recommendations were given for equipping two-story cars with additional evacuation outlets in the form of inflatable gangways.

Keywords: evacuation of passengers, evacuation time calculation method, dangerous fire factors, blocking time

Одной из причин, требующей эвакуации пассажиров из двухэтажных вагонов, является пожар. Несмотря на то, что при изготовлении вагонов применяются только негорючие и трудногорючие материалы, провода и кабели, защитные аппараты, обеспечивающие своевременное отключение при неисправностях электрооборудования (пожарная нагрузка), проблема вынужденной эвакуации пассажиров является актуальной. Пожары на железнодорожном подвижном составе в ряде стран: Индии, Пакистане, Конго, Египте, Испании и Российской Федерации привели к массовой гибели людей [1–2].

Проведя анализ трагических последствий пожаров на железнодорожном подвижном составе в Российской Федерации и за рубежом [3], можно утверждать, что вопросам

безопасной эвакуации пассажиров из двухэтажных вагонов уделено недостаточно внимания. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с пожарами, большому риску подвергаются пассажиры, так как не всегда обеспечиваются условия безопасной эвакуации до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара (ОФП) [4].

Пожары в вагонах железнодорожного подвижного состава являются наиболее распространенной причиной ЧС на железнодорожном транспорте [5].

В условиях пожара время на эвакуацию пассажиров ограничено. Проверка времени эвакуации пассажиров заключается в сравнении расчетного временного периода от момента возникновения пожара до наступления предельно допустимых значений ОФП и расчетного времени эвакуации, требуемого для того, чтобы пассажиры были эвакуированы из вагонов.

На сегодняшний день порядок расчета времени эвакуации определен рядом нормативно-правовых актов, таких как: ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [6], ГОСТ 33381-2015 «Моторвагонный подвижной состав и вагоны пассажирские локомотивной тяги правила расчета и проверки времени эвакуации пассажиров» [7]. Настоящий стандарт устанавливает правила расчета и проверки времени эвакуации пассажиров для вагонов следующих типов, предназначенных для перевозки пассажиров:

- вагоны моторвагонного подвижного состава;
- пассажирские вагоны локомотивной тяги.

Использование требований настоящего стандарта позволяет оценить соответствие объемно-планировочных и конструктивных решений вагонов условиям обеспечения безопасной эвакуации пассажиров.

На обстановку при пожаре существенно влияют факторы, связанные с объемно-планировочными решениями вагонов, временем суток, нахождение железнодорожного состава на станции либо в пути следования, расположение очага пожара (по наихудшему сценарию развития пожара).

Из вышеизложенного следует, что аварийные ситуации, которые могут возникнуть в двухэтажных вагонах, требуют тщательного изучения. Поэтому, при выборе аварийной ситуации учитывались такие особенности:

- максимальное количество пассажиров в вагоне;
- наполняемость вагона принята из расчета, что все места в купе вагона заняты пассажирами, и составляет 64 пассажира и два проводника.

В соответствии с Приказом от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [8] время эвакуации пассажиров ($t_э$) определяется исходя из следующего выражения:

$$t_э = t_{н.э} + t_p,$$

где $t_{н.э}$ – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации пассажиров;
 t_p – расчетное время эвакуации пассажиров.

Интервал времени $t_{н.э}$ зависит от действий, выполняемых поездной бригадой, которые определены ГОСТом 33381–2015 «Моторвагонный подвижной состав и вагоны пассажирские локомотивной тяги правила расчета и проверки времени эвакуации пассажиров» [7].

Расчетное время эвакуации пассажиров из двухэтажного вагона определяем на основе моделирования движения пассажиров до выхода наружу одним из следующих способов:

- по упрощенной аналитической модели движения людского потока;
- по математической модели индивидуально-поточного движения людского потока.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации проводим с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений двухэтажного вагона, а также возрастных особенностей пассажиров. Упрощенную аналитическую модель применяем для однородного потока пассажиров, а математическую модель индивидуально-поточного движения – для смешанного потока.

Время начала эвакуации пассажиров принимаем равным:

- для пассажирских вагонов купейных, некупейных и первого этажа двухэтажных купейных вагонов – 30 с;
- для второго этажа двухэтажных пассажирских купейных вагонов – 60 с [7].

Для расчета необходимого времени эвакуации пассажиров из двухэтажного вагона рассматриваем сценарий кругового распространения пожара. Место нахождения первоначального очага пожара определяем из самого наихудшего варианта развития пожара – последнее купе первого и второго этажа вагона и блокируем ближайший эвакуационный выход. Начальное значение температуры воздуха внутри вагона должно соответствовать максимально допустимому согласно требованиям, предъявляемым к конкретному подвижному составу для перевозки пассажиров [9].

Для определения расчетного времени эвакуации пассажиров из двухэтажных вагонов определяем модель эвакуации пассажиров, проводим построение методики расчета времени эвакуации и осуществляем моделирование эвакуации пассажиров. На рис. 1 изображена методика расчета времени эвакуации пассажиров из двухэтажных вагонов. Блок-схема «выбор сценария пожара» для эвакуации людей из двухэтажных пассажирских вагонов через холл показана на рис. 2.

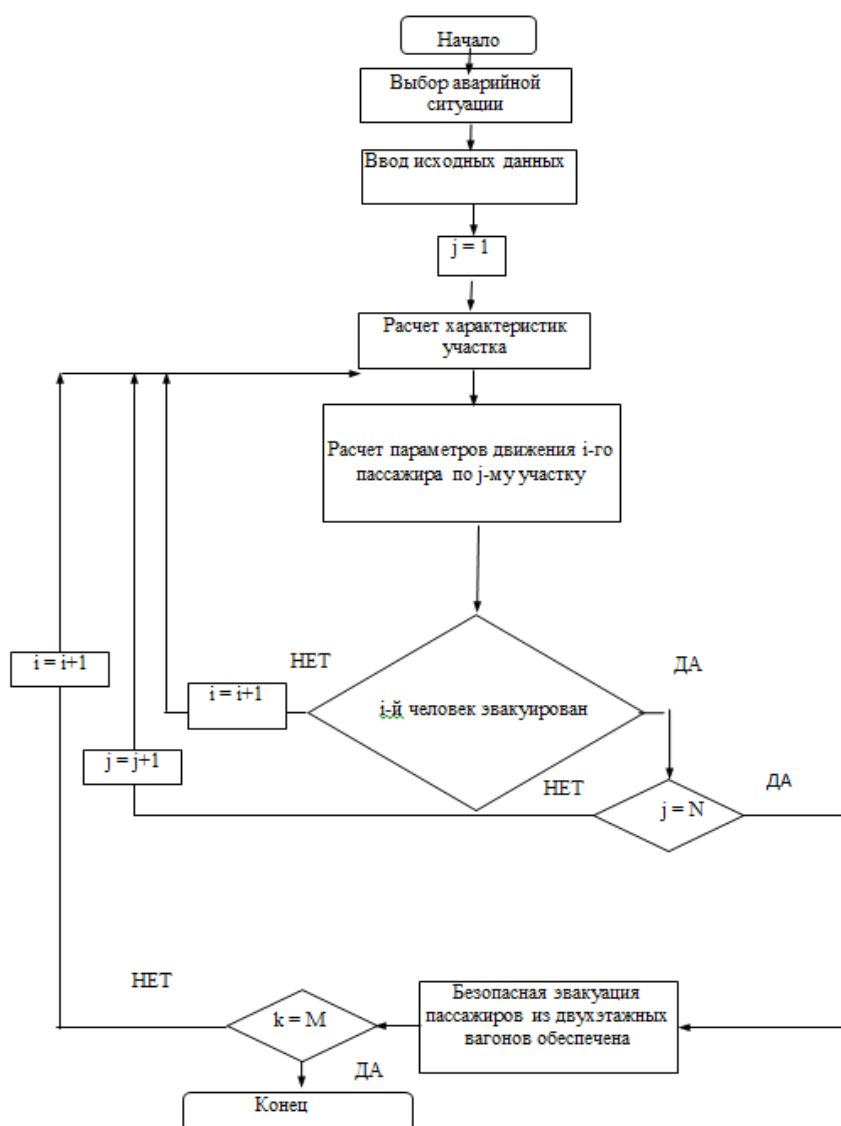


Рис. 1. Методика расчета времени эвакуации людей из двухэтажных пассажирских вагонов железнодорожного подвижного состава

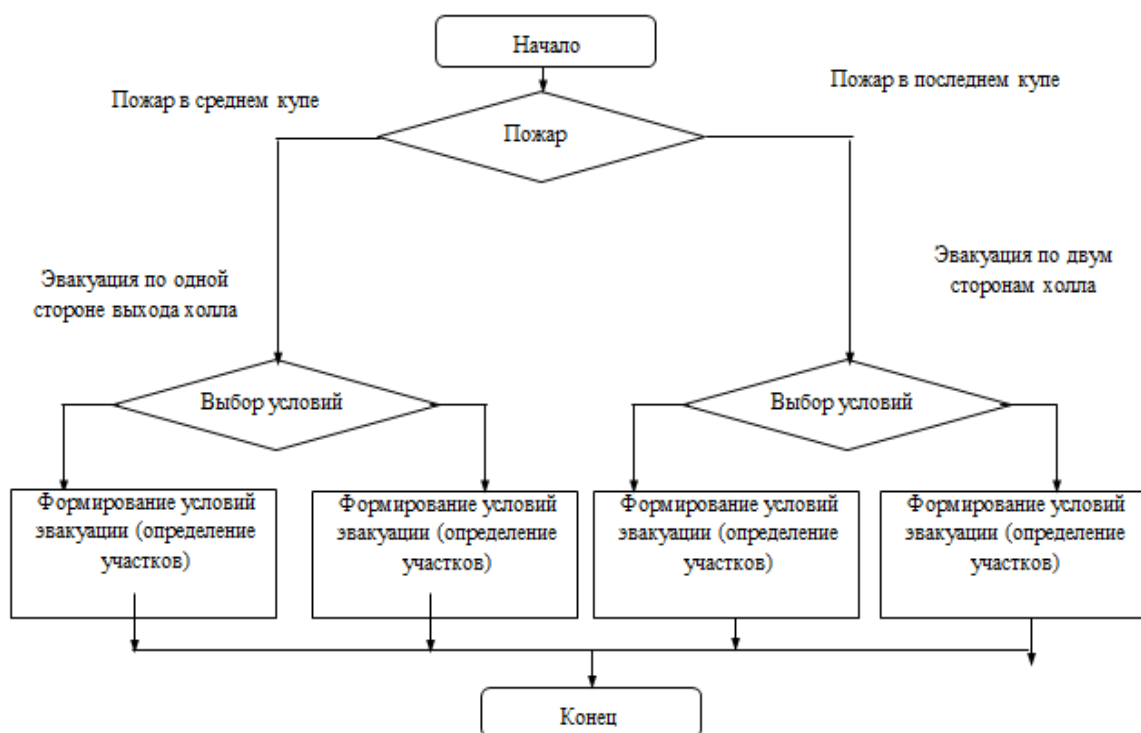


Рис. 2. Блок-схема «выбор сценария пожара» для эвакуации людей из двухэтажных пассажирских вагонов через холл

В качестве расчетных точек очаг пожара задаем в последнем купе первого этажа и второго этажа. На рис. 3, 4 наглядно показаны очаг пожара в последнем купе первого и второго этажа и определены расчетные точки.

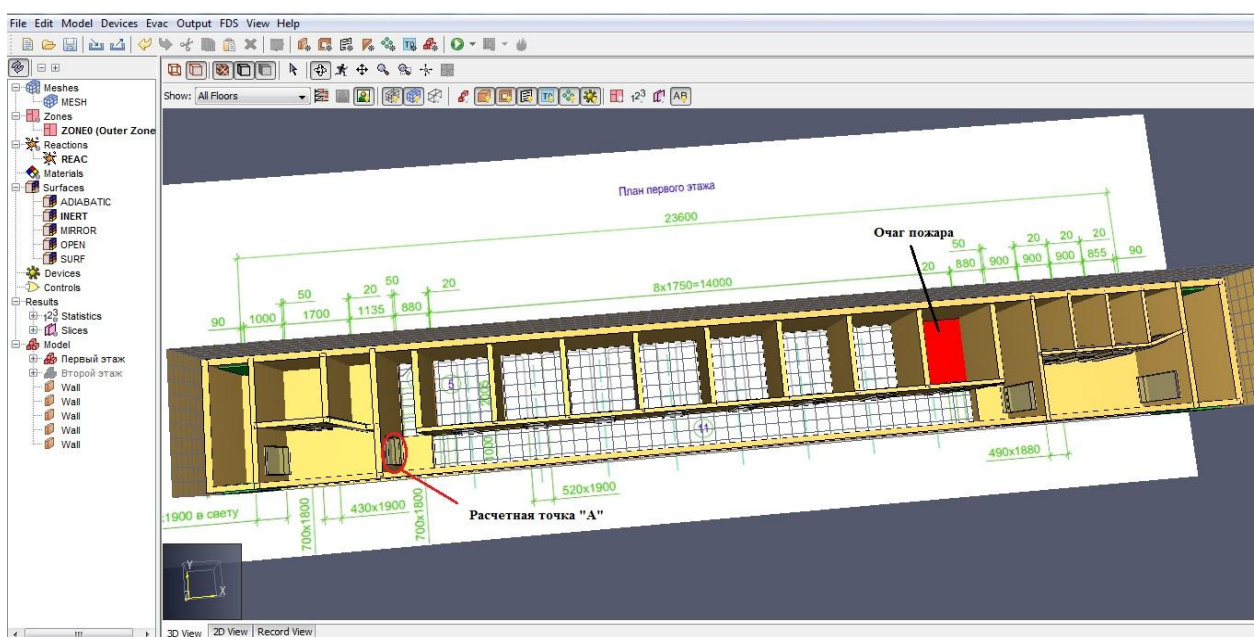


Рис. 3. Очаг пожара в последнем купе первого этажа с расчетной точкой

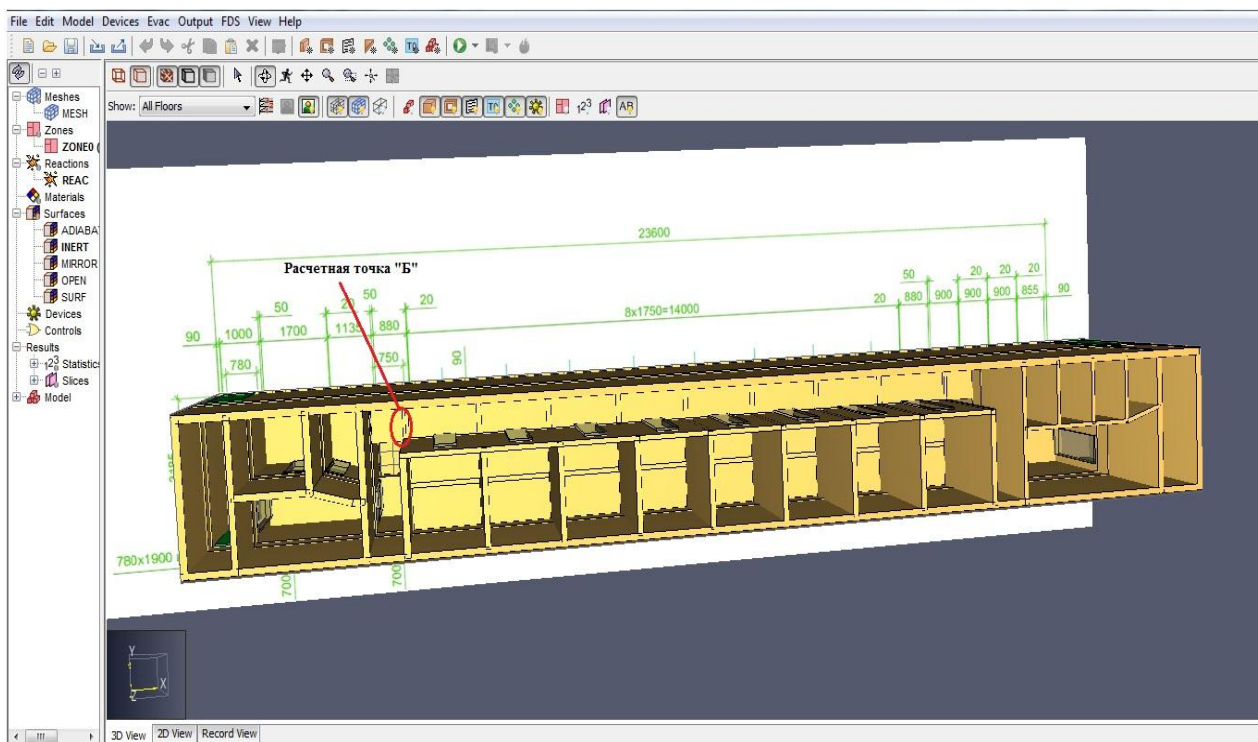


Рис. 4. Очаг пожара в последнем купе второго этажа с расчетной точкой

Далее, располагаем людей на этажах вагона в каждом купе по четыре человека, получаем 64 пассажира и два проводника. Итоговое количество людей в двухэтажном вагоне 66 человек. Наихудший сценарий развития пожара в последнем купе вагона при условии блокировании одного из ближайших эвакуационных выходов с момента начала развития пожара. На рис. 5, 6 показано расположение людей в купе двухэтажного вагона.

Вышло: 0/66

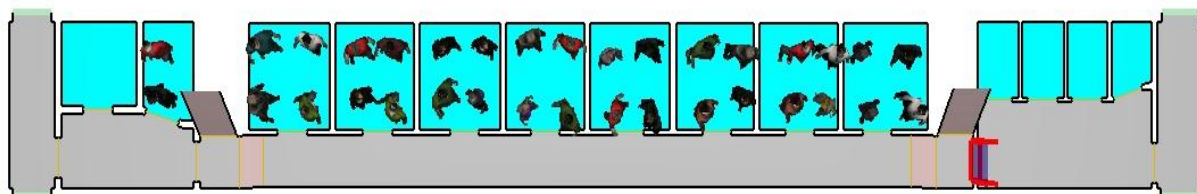


Рис. 5. Расположение людей первого этажа в купе двухэтажного вагона

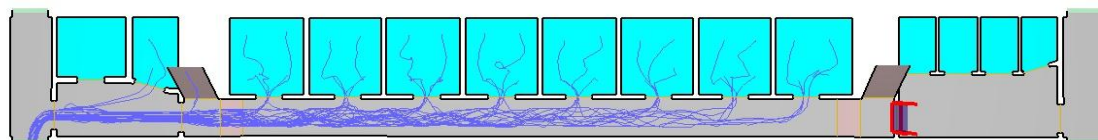


□,□

Рис. 6. Расположение людей второго этажа в купе двухэтажного вагона

На рис. 7, 8 продемонстрированы треки людских потоков при эвакуации людей из купе вагона первого и второго этажа. Как показали результаты расчета, время эвакуации пассажиров первого этажа составило 77,5 с, второго этажа – 147 с. Условие $t_p < t_{бл}$ не обеспечивается. Пассажиры второго этажа в количестве 32 человека остаются заблокированными.

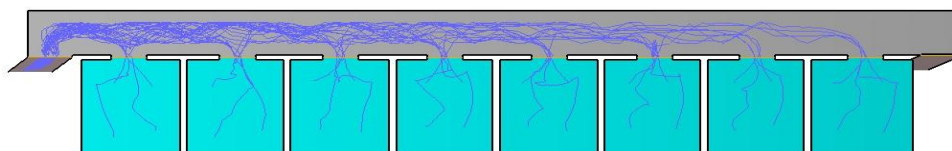
В ы ш л о : 66/66



47,5

Рис. 7. Треки людских потоков при эвакуации людей из купе вагона первого этажа

В ы ш л о : 66/66

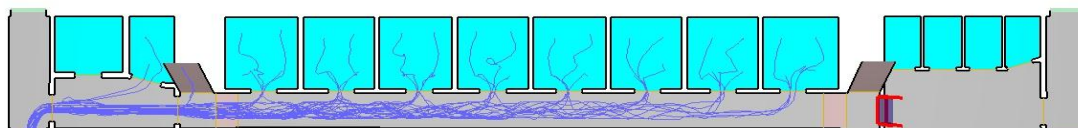


87,0

Рис. 8. Треки людских потоков при эвакуации людей из купе вагона первого этажа

По результатам моделирования вынужденной эвакуации пассажиров можно сказать, что применение технического решения по оснащению двухэтажных пассажирских вагонов железнодорожного подвижного состава устройствами надувного трапа существенно уменьшит время эвакуации пассажиров. На рис. 9, 10 наглядно показаны расчеты времени эвакуации с трапом для пассажиров второго этажа вагона. Время эвакуации пассажиров с помощью данного устройства уменьшилось на 39,5 с. Что не противоречит условиям $t_p < t_{бл}$.

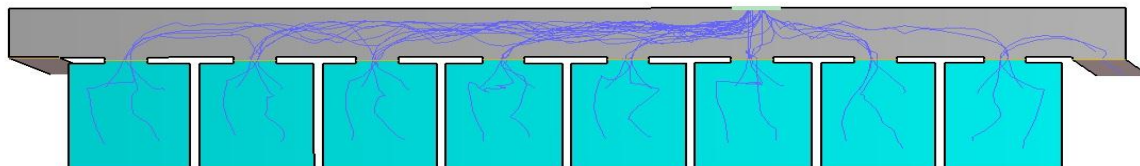
В ы ш л о : 66/66



47,5

Рис. 9. Расчетное время эвакуации с трапом для пассажиров первого этажа вагона

В ы ш л о : 66/66



2,74

Рис. 10. Расчетное время эвакуации с трапом для пассажиров второго этажа вагона

Таким образом, при возникновении пожара на втором этаже вагона не обеспечивается безопасная эвакуация, так как условие $t_p < t_{бл}$ не выполняется.

Выходом из данной ситуации является оснащение дополнительными эвакуационными выходами второго этажа вагонов. Результатами выполненных расчетов времени эвакуации из двухэтажных вагонов доказана эффективность применения данных устройств. Обоснована возможность применения данных устройств при проектировании двухэтажных пассажирских вагонов модели 61-4465.

Литература

1. Camillo A., Rogaume T., Guillaume E., Marquis D., Chivas-Joly C. Relative risk analysis methodology of fire and evacuation events in European railway transport // Proceeding of the 13th International Conference of Fire and Materials. 2011.

2. Briggs P.J. Developments in fire safety engineering methodology for classifying products on European trains // Proceedings of the Twelfth International Conference and exhibition on fire Science and Engineering, UK. Pp. 995–1 008.

3. Информационное агентство России. URL: <http://tass.ru/info/546677>. Доступ из информ.-правового портала «Гарант» .

4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

5. Елисеев И.Б., Сай В.В., Турсенев С.А. Определение расчетных величин пожарного риска в двухэтажных пассажирских вагонах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1 (45). С. 66–72.

6. ГОСТ 12.1.004–91 от 1992-07–01. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с изм. № 1). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

7. ГОСТ 33381–2015. Моторвагонный подвижной состав и вагоны пассажирские локомотивной тяги правила расчета и проверки времени эвакуации пассажиров. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

8. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

9. Паспорт 4465.00.00.000 ПС. Вагон двухэтажный купейный со спальными местами модель 61-4465. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».



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

О ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ ДЛЯ ПОИСКОВО- СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В АРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЕ

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

Ю.В. Львова;

Е.В. Руднев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается специфика парка поисково-спасательных транспортных средств, обусловленных особенностями экосистемы и климата арктической тундры. Приведены виды современного наземного и воздушного транспорта с перспективой их использования для поисково-спасательных работ в Арктической зоне Российской Федерации. Обсуждается актуальность развития взаимодействия спасательных служб всех ведомств с крупными компаниями по добыче углеводородов в плане использования транспортной техники.

Ключевые слова: арктическая тундра, экосистема, наземный транспорт, воздушный транспорт, поисково-спасательные работы

ABOUT TRANSPORT FOR SEARCH AND RESCUE OPERATIONS IN THE ARCTIC TUNDRA

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

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

The specifics of the park of polar search and rescue vehicles due to the peculiarities of the ecosystem and climate of the Arctic tundra are considered. The types of modern land and air transport with the prospect of their use for search and rescue operations in the Arctic zone of the Russian Federation are given. The urgency of development of interaction of rescue services of all departments with large companies on extraction of hydrocarbons in terms of the use of transport equipment is discussed.

Keywords: arctic tundra, ecosystem, land transport, air transport, search and rescue operations

На территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) комплексную безопасность обеспечивают силы и средства Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) – МЧС России, МВД России, Минобороны, Минтранса, Минприроды, Росгидромета, ФСБ и т.д. Работают в Арктике и аварийно-спасательные службы крупных нефтегазовых компаний (Газпром, Лукойл и др.).

Для повышения уровня безопасности с 2012 г. в прибрежной зоне АЗРФ начали создавать и развивать арктические комплексные аварийно-спасательные центры – АКАСЦ МЧС России. Первый из них был обустроен и оснащен в 2012 г. в г. Дудинке, затем созданы и оснащаются центры в г. Мурманске, г. Надыме и так далее по северному побережью (рис. 1).

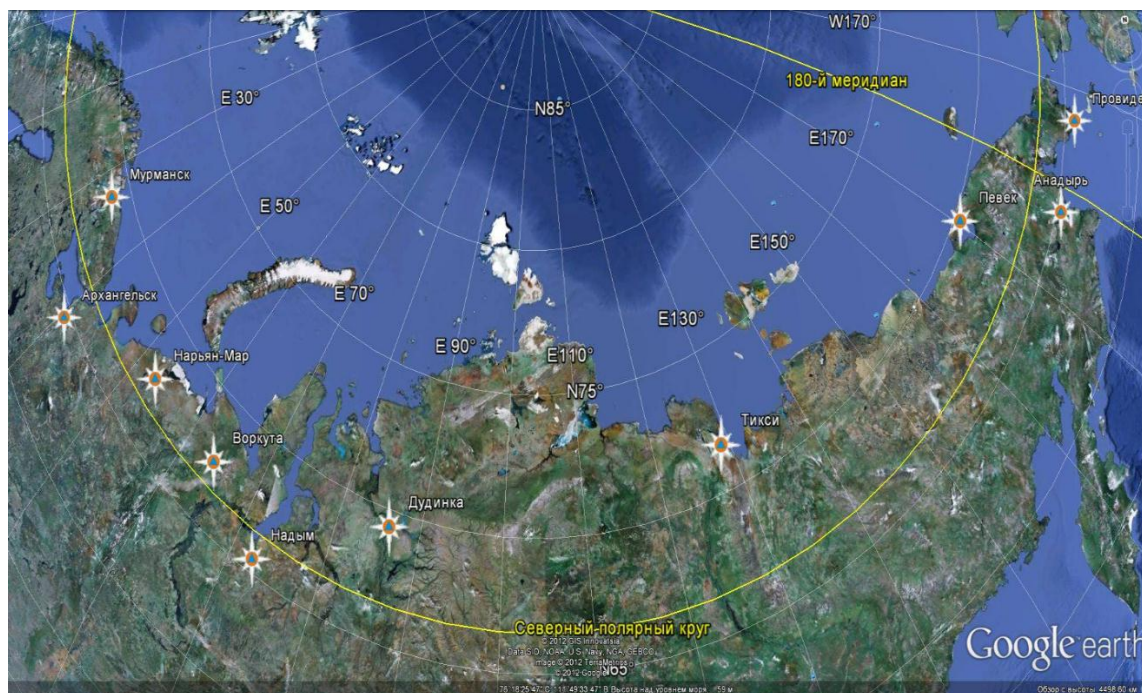


Рис. 1. Размещение АКАСЦ в Арктической зоне России

Поиск и спасение терпящих бедствие в АЗРФ осуществляется по принципу взаимодействия сил и средств РСЧС, спасательные операции на суше и внутренних водах объединены под эгидой МЧС России, а в воздушном пространстве – Федерального аэрокосмического управления поиска и спасания. По официальным данным, представленным на VI Форуме МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность», который проходил 13–16 июля 2017 г. в г. Вытегре, в АЗРФ «общая численности сил и средств РСЧС составляет 18 тыс. чел. и 1 848 единиц техники. Из них силы и средства МЧС России составляют более 7 тыс. чел. и 597 единиц техники». Накопившийся опыт работы спасателей показывает, что масштабность территории российской Арктики и территориальная разобщенность входящих в АЗРФ субъектов, большие расстояния от мест возможных аварий до месторасположения АКАСЦ МЧС России делают актуальной проблему дальнейшей оптимизации взаимодействий МЧС России не только с силами и средствами других ведомств, но и с крупными нефтедобывающими компаниями, имеющими современные технические средства для проведения аварийно-спасательных работ.

Что касается спасения людей, терпящих бедствие на море и во внутренних водах Российской Федерации, для АКАСЦ МЧС России определены и закреплены зоны ответственности, куда входят: территория суши и водной акватории, включая акватории Арктического региона. Поисково-спасательные формирования центров оснащены транспортными и другими техническими средствами для спасения людей как в штатных ситуациях (повседневной жизни), так и при возможных чрезвычайных ситуациях (ЧС) природного и техногенного характера. Накопившийся опыт работы поисково-спасательных формирований свидетельствует, что на места происшествий в повседневной работе спасателям приходится выезжать на расстояния до 100 км и более [1]. В основном происшествия связаны с транспортными и техногенными авариями, нарушениями в системе коммунального хозяйства, повреждениями на трубопроводах, несчастными случаями на местах охоты и рыбной ловли. В последние годы участились происшествия с туристами-экстремалами

(лыжные и вездеходные переходы, полеты на воздушных шарах, парашютные прыжки на Северный полюс, круизы по Северному морскому пути – рис. 2, 3) [2]. В арктической тундре легко заблудиться в связи с затруднениями ориентировки, поскольку, с одной стороны, имеет место искажение показаний компаса, с другой – однообразный белый ландшафт, ориентироваться можно только по конфигурации снежных надувов. Характерно и такое явление, как рефракция, когда видимый горизонт понижается или повышается, предметы на горизонте искажаются, чему способствует и арктический туман. Участки снежной каши (снежура), торосы, неустойчивость глыб льда могут привести к серьезным травмам – переломам, вывихам, растяжениям связок, при этом скорость движения человека в арктической тундре очень небольшая даже у подготовленных спортсменов. Представляют опасность и места открытой воды – полыньи и разводья, которые определяют по цвету неба – темные пятна на низких облаках (водяное небо). В холодном воздухе иногда испарения могут сгущаться и образовывать густой черно-белый туман в виде дыма лесного пожара. В обозначенных условиях выживаемость терпящих бедствия людей зависит от эффективности поиска и времени доставки пострадавших по назначению.



Рис. 2 . Незабываемый и экстремальный круиз на Северный Полюс



Рис. 3. Остров Шпицберген. Спасение туристов (нападение белого медведя 5 марта 2011 г.)

Исходя из сказанного, понятно, что повышение уровня готовности и оперативности работы МЧС России к ЧС и происшествиям является важным фактором развития и совершенствования системы комплексной безопасности в АЗРФ. Данный процесс связан с необходимостью принимать во внимание как суровые природно-климатические условия арктической тундры, так и бурное развитие техносферы вследствие расширения поиска, добычи и транспортировки углеводородов.

Российская арктическая тундра занимает прибрежную часть северных морей и представляет собой равнинную болотистую территорию, наиболее широкая полоса которой находится вдоль берегов Северного Ледовитого океана на Таймыре и Чукотке. Климат тундры суровый, зима длится 7–8 месяцев, морозы до -50°C , характерны холодные ветра и снежные бури. Особенностью арктической тундры является присутствие вечной мерзлоты, глубина которой составляет от 90 см и больше. Почва скована холодом, поэтому

огромные пространства покрыты только мхом и лишайником, попадаются также карликовые кустарники и травы. Несмотря на сильные морозы и присутствие вечной мерзлоты здесь обитают северные олени, прекрасно приспособившиеся к потреблению именно такой растительности. Особенностью тундры является полярная ночь, когда в ясную погоду луна очень яркая и свет звезд отражается от снега, и бывает Северное сияние. Лето в арктической тундре короткое, полярный день, температура воздуха в июле не более $+10^{\circ}\text{C}$. Вследствие потепления климата происходит оттаивание вечной мерзлоты и в весенний, и летний период тундра превращается в непроходимое болото. Растаявший снег и лед покрывают многолетнюю мерзлоту талыми озерами. В августе выпадает снег, осадков мало, туманы с недолгой оттепелью.

Активизация хозяйственной деятельности в тундре связана с бурным развитием добычи углеводородов, проведением геологоразведочных работ, обустройством новых месторождений, строительством и эксплуатацией нефтепроводов, возрастанием риска нефтеразливов, строительством дорог, использованием транспортных средств. Все это повышает угрозу нарушения экосистемы арктической тундры. В частности, нарушение почвенного слоя тундры гусеничным транспортом восстанавливается десятки лет, рекультивация почв требует больших финансовых вложений. Ущерб от нефтеразливов в тундре сопоставим с разливом нефти в арктических морях [3]. Кроме проблем, вызванных хозяйственной деятельностью человека, прибавились и проблемы таяния вечной мерзлоты и недавно открытое природное явление – возникновение газозрывных воронок – кратеров [4].

Ответственность за сохранение экосистемы является одной из составляющих проблемы комплексной безопасности и имеет отношение к деятельности АКАСЦ МЧС России, которая направлена на повышение уровня защищенности населения и территорий АЗРФ от ЧС и минимизацию их последствий. Результативность деятельности спасателей, прежде всего, зависит от наличия парка специальной, адаптированной для Арктического региона транспортной техники. Сложные климато-географические условия, масштабность территорий и неразвитая транспортная инфраструктура осложняют проведение мониторинга и поисково-спасательных работ в арктической тундре и объясняют жизненную необходимость создания смешанного парка транспортной техники с наземными и воздушными средствами. При этом к арктическому наземному транспорту предъявляется целый ряд требований: он должен быть высоко-проходимым, ремонтно-пригодным, автономным, устойчивым к низкой температуре окружающей среды и экологически щадящим, что особенно важно при работе в тундре. Подходящий транспорт позволяет быстрее осуществить поиск и спасение терпящих бедствие людей, выживание которых, как известно, зависит от временного фактора [5].

Высокая проходимость транспорта необходима из-за недостаточного дорожного обеспечения арктической тундры, то есть бездорожья. Имеющиеся дороги в арктических районах, как, например, на Кольском полуострове, находятся в плохом состоянии, двум машинам не разъехаться, при видимости не более 15 м отсутствуют светоотражающие вешки (рис. 4) [6].



Рис. 4. Автодорога на Кольском полуострове в начале октября [6]

Часто спасателям приходится выезжать на зимники – дороги, проложенные по льду или снегу, для спасения застрявших из-за непогоды и снежных заносов водителей. В этих случаях используют как снегоходы, так и гусеничные вездеходы, иногда вывозя только людей и оставляя машины до улучшения погоды. Но весной и летом использование гусеничных вездеходов запрещено из-за нарушения почвенного слоя тундры. Выручают специальные вездеходы на шинах низкого давления, например снегоболотоход «Шерп» серийного производства, представленный на рис. 5 [7].



Рис. 5. Снегоболотоход Шерп, производится серийно

Единственным снегоходом с отапливаемой кабиной, который работает при низких температурах и спасает людей на зимниках, является «Беркут» – российский снегоход-«снегомобиль» (рис. 6).



Рис. 6. ТТМ-1901 «Беркут» – российский «снегомобиль» [8]

В случае летной погоды спасательную технику и оснащение на место происшествия доставляют на вертолете, при нелетной погоде используют вездеходы и снегоболотоходы. В условиях трудной доступности скорой медицинской помощи спасатели после оказания первой помощи пострадавшим вывозят их на нарах, прицепленных к вездеходу.

Следует отметить и такую проблему, как особенности географии и климата субъектов АЗРФ, вследствие которых не все выпускаемые российской промышленностью вездеходы одинаково подходят для них. Это вынуждает заниматься доработками и усовершенствованием

транспортных средств с учетом специфики местных условий эксплуатации. Для привязки машин к конкретным условиям проводятся дополнительные испытания, конструкторы-изобретатели вносят предложения – создать для округа вездеходы с активными прицепами, которые смогут перевозить полные амбулатории, строительные и энергетические городки, совершать пассажирские перевозки в самых сложных условиях бездорожья и снеговых заносов. Примером являются усовершенствованные вездеходы на базе «Нива»; снегоболотоход «Шерп»; «Шаман»; аэросани амфибия «Нерпа», которые были представлены на выставке «Арктика – настоящее и будущее» в 2016 г. и др. Стоимость вездеходов-болотоходов достаточно высокая – от 1,5 до 5 млн. На рис. 7 представлен вездеход, созданный в Республике Коми в г. Усинске [9].



Рис. 7. Снегоболотоход из г. Усинска

Таким образом, в России существует достаточный выбор высокопроходимых вездеходов, выпускаемых в разных регионах страны. Существуют и инновационные отечественные разработки высокопроходимой техники, которую в будущем, возможно, будут использовать в особо сложных условиях Арктики. Например, роторный вездеход на основе шнекороторной конструкции. Ранее их использовали для поиска космонавтов, приземлившихся в труднодоступной местности [10]. В 80-х гг. было выпущено 20 таких машин. Особенность шнекоходов в том, что они не вязнут нигде и никогда. Серийно такие машины сегодня выпускает австралийская компания Residue Solutions, это шнекоход с универсальной платформой, на которую можно установить практически любое оборудование.

Другой важной частью парка спасательной техники является воздушный транспорт, без которого развитие Арктики не представляется возможным. Это единственный вид транспорта, который в Арктике используют круглогодично. Например, вертолетное обеспечение морских арктических проектов на арктическом шельфе осуществляют нефтедобывающие компании, которые имеют от 5 (Лукойл-Авиа) до 361 вертолета (Ютэйр) как российского производства (Ми-8, Ми-26, Ка-32), так и импортного (Eurocopter, Robinson) [6]. Основные трудности использования вертолетов создают особенности климата, большая дальность полетов без дозаправки, отсутствие инфраструктуры и недостаток квалифицированных кадров. К тому же их эксплуатация требует наличие системы приводнения, антиобледенения, возможности ночных полетов и совершенной системы навигации. Необходимость современной спутниковой навигации жизненно важна из-за сложностей ориентации – арктическая тундра является безориентирной местностью, где сложно выбрать место приземления. В случае потери спутникового сигнала для координации местонахождения вертолета нужна инерциальная навигационная система.

Большинство авторов отмечают необходимость обновления и модернизации парка арктической авиационной техники. Состав парка пилотируемой техники, имеющейся на вооружении МЧС России по состоянию на 1 марта 2017 г., приведен в работе [11]. Парк включает в себя 16 самолетов и 50 вертолетов.

В последнее время активно ведутся разработки и испытания как вертолетной, так и самолетной инновационной техники для Арктики. Планируется выпуск легких многоцелевых самолетов, например, три года назад прошел испытания в Арктике самолет авиакомпании «Оренбуржье» на лыжах (модернизация чешских L-410) и разрабатывается модель с поплавками для посадки на воду [12, 13]. Самарские конструкторы по заказу Ямало-ненецкого автономного округа завершили работу над первым в России арктическим самолетом-амфибией Л-172, он уже появился на Ямале. Закончилась сборка северной комплектации самолета модели Л-42М. Авиапарк Федерации легкой и сверхлегкой авиации «Крылья Арктики» ЯНАО пополнил третий самолет-амфибия Л-42М (рис. 8). Это стало возможным при поддержке ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь» [14].



Рис. 8. Самолет амфибия Л-42М [14]

В северных регионах планируется расширять парк вертолетов марок «Ми» и «Ка», которые просты и надежны, Ка-26 уже 40 лет эксплуатируется на Крайнем Севере. Эти вертолеты могут храниться без ангаров и использоваться в диапазоне температур от -50 до $+50$ °С. Их прямыми потомками являются Ка-126 и Ка -226 [15].

Легкий многоцелевой вертолет Ка-226Т пригоден для использования и днем и ночью, даже в сложных погодных условиях в ветреную погоду в диапазоне температур от -50 до $+50$ °С. Он оснащен двумя турбовальными двигателями компании «Турбомека» с современной электронно-цифровой системой управления и способен в экстремальных условиях развивать взлетную мощность до 705 л.с., что обеспечивает продолженный взлет, безопасную посадку при отказе одного двигателя. Ка-226Т имеет два варианта медицинского исполнения – медико-эвакуационный и медико-реанимационный. Медико-эвакуационный вертолет оснащается носилками для перевозки двух пострадавших. На рис. 9 представлен вертолет Ка-226Т [16].



Рис. 9. Вертолет Камов-226Т [16]

Одной из последних отечественных моделей, предложенных для использования в Арктике, представляется вертолет «Камов-62», способный перевозить на борту до 15 человек. Модели такого вертолета есть как для перевозки пассажиров, так и для нужд спасателей (рис. 10).



Рис. 10. «Камов-62» для Арктики (перевозит до 15 пассажиров) [17]

В классе средних вертолетов согласно мнению экспертов-специалистов лучшим для поисково-спасательных работ и перевозки грузов и людей представляется модернизированный вертолет МИ-8/17. Наиболее распространенный российский вертолет Ми-8 не везде может сесть, иностранные вертолеты очень дороги. К тому же предпочтение для использования в Арктике отдают вертолетам с двумя двигателями, что снижает аварийный риск.

У военных успешно эксплуатируется военно-транспортный вертолет МИ-8АМТШ-ВА, созданный специально для полетов в условиях низких температур и полярной ночи. Это арктическая модификация военно-транспортного вертолета Ми-8АМТШ-В. Он имеет бортовое оборудование, максимально адаптированное к работам в Арктике, и повышенную автономность. Размещает 28 пассажиров или 12 носилок с сопровождающими или 4 000 кг груза в кабине или 3 000 кг на подвеске (рис. 11) [18].



Рис. 11. Транспортный вертолет МИ-8АМТШ-ВА [18]

Для решения широкого круга задач — доставки грузов, перевозки пассажиров, проведения поисково-спасательных операций, патрулирования, оказания экстренной медицинской помощи предназначен унифицированный легкий многоцелевой вертолет «АНСАТ», который был представлен на выставке «Индустрия здоровья» в 2016 г. в г. Казани.

В 2017 г. было произведено пять таких вертолетов, один из которых поступил в качестве средства транспортировки и экстренной эвакуации в распоряжение Минздрава Республики Татарстан (рис. 12).



Рис. 12. Сертифицированный медицинский вариант вертолета «АНСАТ» [19]

Набирает обороты и разработка беспилотных летательных аппаратов (БЛА) – беспилотников. В ближайшем будущем вероятнее всего получат распространение наиболее перспективные БЛА с вертикальным взлетом. К 2020 г. предполагается выпуск многоцелевого БЛА «Фрегат» (фирма «Кронштадт» – с большой продолжительностью полета и грузоподъемностью до 1 700 кг (высота 8 км, продолжительность полета 8 ч, скорость 700 км/ч). Такие аппараты могут быть использованы далеко от мест базирования спасательных центров (рис. 13).



Рис. 13. БЛА «Фрегат» [20]

Растет и парк беспилотников, использование которых позволяет проводить мониторинг окружающей среды, отслеживать движение льдов, уровень и направление распространения загрязнения при разливе нефти, с их помощью можно измерять толщину льда. Плавучие БЛА могут использоваться в мирных целях: решать задачи контроля мостов или мостовых фундаментов, участвовать в исследованиях разливов нефти или в поисково-спасательных миссиях, для разведки ледовой обстановки и поиска широких проходов во льдах [21]. Следует отметить, что восстановление Северного морского пути и активизация движения судов по узкому водно-ледовому коридору в экстремально суровых условиях

Арктики повышает риск возникновения ЧС, в том числе и риск разливов нефти при перевозке ее танкерами. Уязвимость экосистемы Арктики, необходимость предупреждения таких ситуаций и готовность к ликвидации их последствий показала самая крупная катастрофа у берегов Аляски с танкером Exxon Valdez, когда произошел разлив 37,4 тыс. т нефти [22]. Многочисленные примеры разливов нефти и нефтепродуктов в мировом океане из танкеров приведены в работе [23].

Таким образом, можно заключить, что для повышения результативности спасательных действий и уровня готовности к минимизации последствий возможных ЧС необходимо постоянно обновлять парк наземной транспортной техники, специально адаптированной для использования в арктической тундре. Оснащение техникой, соответствующей предъявляемым требованиям, упрощает задачи МЧС России по проведению поисково- и аварийно-спасательных работ в АЗРФ.

Что касается воздушных транспортных средств, актуальной остается проблема усовершенствования механизмов взаимодействия между арктическими силами и средствами РСЧС и крупными нефтедобывающими компаниями, имеющими современные технические средства и силы для проведения спасательных работ в АЗРФ.

Литература

1. Бажуков И.Ф. Оснащение арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России техническими средствами. Проблемы и решения // Общество за безопасность: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций Вытегра, 2017. С. 134–141.
2. На Шпицбергене белый медведь напал на лагерь. Есть жертвы и пострадавшие. URL: <https://ru.tsn.ua/svit/na-shpicbergene-belyy-medved-napal-na-lager-est-zhertvy-i-postradavshie.html> (дата обращения: 25.03.2018).
3. Континентальный шельф. URL: https://neftegaz.ru/tech_library/view/4198-Kontinentalnyj-shelf (дата обращения: 25.03.2018).
4. Комаров С.М. Дырки в тундре // Химия и жизнь. 2018. № 3. С. 2–4.
5. Коннова Л.А., Папырин В.В., Руднев Е.В. Сохранение экологического равновесия в Арктической зоне в аспекте деятельности МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 2 (22). С. 17–23.
6. Фадеев А. Перспективы освоения арктического шельфа. URL: <http://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/> (дата обращения: 15.04.2018).
7. Шерп (вездеход). URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 20.04.2018).
8. Снегоход с закрытой кабиной ТТМ-1901 «Беркут 2». URL: <https://topwar.ru/105882-snegohod-s-zakrytoy-kabinoj-ttm-1901-berkut-2.html> (дата обращения: 15.03.2018).
9. Снегоболотоход. Вездеход. 8x8 Трэкол ... XPEN, г. Усинск, РК-. URL: xpen.komi-nao.ru/ (дата обращения: 15.03.2018).
10. 8 шнекороторных вездеходов: самая редкая машина. URL: <https://www.popmech.ru/.../265952-8-shnekorotornykh-vezdekhdov-samaya-redkay> (дата обращения: 07.04.2018).
11. Львова Ю.В., Рекунов С.Г. Оценка возможности использования существующей аэродромной инфраструктуры Арктической зоны Российской Федерации для базирования авиационно-спасательной техники МЧС России // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 4. С. 25–30.
12. Цветков С.Ю. Развитие авиационно-спасательной техники для Арктической зоны Российской Федерации на примере поисково-спасательных вертолетов // Общество за безопасность: материалы VI Форума МЧС России и общественных организаций. Вытегра, 2017. С. 12–17.
13. В Арктике испытали самолет на лыжах. URL: <http://www.arctictime.ru/news/v-arktike-ispytali-samolet-na-lyzhakh> (дата обращения: 15.04.2018).

14. «Крылья Арктики» Лукойл помогает развивать легкую авиацию на Ямале. URL: <http://sever-press.ru/vse-novosti/item/39627-krylya-arktiki-lukojl-pomogaet-razvivat-legkuyu-aviatsiyu-na-yamale> (дата обращения: 25.04.2018).
15. Ксения Редичкина. Встанет ли полярная авиация на крыло // Российская Федерация сегодня. 2017. № 12. С. 38–40.
16. Камов 226Т Вертолеты России. URL: <http://www.russianhelicopters.aero/ru/helicopters/civil/ka-226t.html> (дата обращения: 25.04.2018).
17. Новый российский вертолет Камов 62. URL: <http://bolshefaktov.ru/v-mire/yekonomika/povuy-rossiyskiy-vertolyot-ka-62-812> (дата обращения 15.03.2018).
18. Арктический транспортно-штурмовой вертолет Ми-8АМТШ-ВА. URL: <http://bastion-karpenko.ru/mi-8amtsh-va/> (дата обращения: 26.04.2018).
19. Поставлен первый гражданский вертолет «Ансат» с гидромеханической системой управления. URL: <https://bmpd.livejournal.com/2184332.html> (дата обращения: 26.04.2018).
20. Беспилотник Фрегат успешно прошел испытания. URL: <http://kvadrokopty.com/bespilotnik-fregat-uspeshno-proshel-ispyitaniya/> (дата обращения: 27.04.2018).
21. Сычев В. Беспилотник впервые провел суда по морям Арктики. URL: <https://nplus1.ru/news/2016/11/07/arctic> (дата обращения: 27.04.2018).
22. Выброс нефти из танкера Эксон Валдис. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 28.04.2018).
23. Богоявленский В.И. Безопасность и рациональность при добыче нефти и газа в Арктике. URL: <http://www.ecolife.ru/zhurnal/articles/24671/> (дата обращения: 27.04.2018).

ОБ ОЦЕНКЕ ТЕПЛОВЫХ И СИЛОВЫХ НАГРУЗОК ПРИ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГРУЗОВОГО КОНТЕЙНЕРА

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник Высшей школы Российской Федерации;
М.А. Лосев.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.В. Потапенко, кандидат технических наук, доцент.

**Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала
армии А.В. Хрулёва Министерства обороны Российской Федерации**

Приведены оценки тепловых и силовых нагрузок, возникающих при баллистической доставке грузового контейнера ракетным разгонным блоком на аварийные объекты в труднодоступных районах – в Арктической зоне, на Крайнем Севере, в горах. Оценивание нагрузок проведено с использованием компьютерной системы моделирования движения грузового контейнера на активном и пассивном участках траектории с учетом параметров атмосферы. Показано, что большую часть времени полет будет проходить со сверхзвуковой (и даже гиперзвуковой) скоростью. Это обуславливает наличие двух максимумов тепловых нагрузок (в конце активного участка траектории и при вхождении в плотные слои атмосферы на пассивном участке траектории) и максимум перегрузок в конце активного участка траектории. Обосновано, что в зависимости от общей массы грузового контейнера возможна экстренная доставка грузов на значительные расстояния и оказание тем самым необходимой помощи в случае чрезвычайных ситуаций на удаленных и труднодоступных объектах.

Ключевые слова: Арктическая зона, чрезвычайная ситуация, транспортная система, экстренная доставка, математическое моделирование, баллистические характеристики

ON THE EVALUATION OF THERMAL AND POWER LOADS IN BALLISTIC TRANSPORT CARGO CONTAINER

A.A. Tarantsev; M.A. Losev.

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

V.V. Potapenko. Military Academy logistics support them army General A.V. Khrulev of the Ministry of Defence of the Russian Federation

Estimations of thermal and power loadings arising at ballistic delivery of the cargo container by the rocket dispersal block on emergency objects in hard – to-reach areas-in the Arctic zone, in the Far North, in mountains are resulted. Evaluation of loads was carried out using a computer system for modeling the movement of a cargo container on the active and passive parts of the trajectory, taking into account the parameters of the atmosphere. It is shown that most of the time the flight will take place at a supersonic (and even hypersonic) speed. At the same time, there are two maximum thermal loads (at the end of the active section of the trajectory and when entering the dense layers of the atmosphere on the passive section of the trajectory) and a maximum of overloads at the end of the active section of the trajectory. It is proved that depending on the total weight of the cargo container, it is possible to deliver goods urgently over long distances and thus provide the necessary assistance in the event of emergency at remote and inaccessible sites.

Keywords: Arctic zone, emergency, transport, emergency delivery, mathematical modeling, ballistic product

Одним из перспективных способов экстренной доставки грузов в случае чрезвычайных ситуаций (ЧС) и пожаров на объектах в Арктической зоне и на Крайнем Севере [1], в труднодоступных и горных районах, как показано в работах [2–4], является ракетная система [5], состоящая из разгонного блока (РБ) в виде ступени, снимаемой с дежурства баллистической ракеты и грузового контейнера (ГК) с посадочной системой [6, 7] (рис. 1).

Из проведенных баллистических расчетов [3] следует, что будет иметь место сверхзвуковая скорость полета с двумя максимумами – на активном и пассивном участках траектории (АУТ и ПУТ соответственно), рис. 2. Это, в свою очередь, предполагает наличие силовых перегрузок на АУТ и аэродинамического нагрева ГК на обоих участках траектории, в связи с чем необходимо сделать соответствующие оценки.

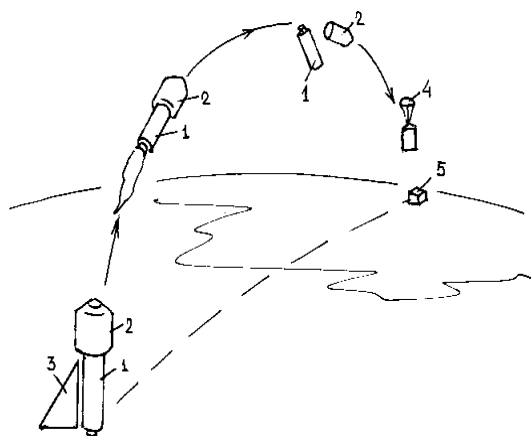


Рис. 1. Схема экстренной баллистической доставки грузов (1 – РБ; 2 – ГК; 3 – стартовая станция; 4 – посадочная система; 5 – пункт назначения)

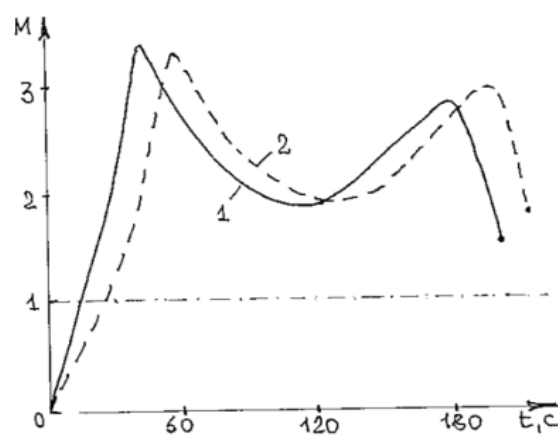


Рис. 2. Динамика числа Маха на АУТ и ПУТ (1 – РБ – 1-я ступень Polaris, $m_k=5$ т; 2 – РБ – 1-я ступень Minuteman, $m_k=16$ т)

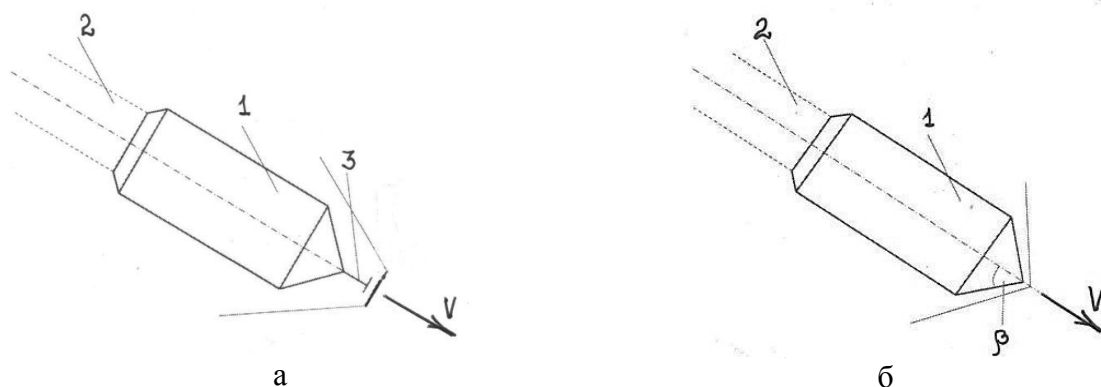


Рис. 3. Схемы движения ГК на ПУТ при прямом (а) и косом (б) скачках уплотнения (1 – ГК; 2 – РБ; 3 – экран прямого скачка уплотнения; β – угол конусности; V – скорость)

Как показано в работе [8], температура T в передней части ГК на ПУТ при наличии скачков уплотнения (рис. 3) может быть оценена из выражения:

$$\frac{T}{T_H} = (1 - k_v^2) \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right), \quad (1)$$

где T_H – температура атмосферы на высоте H ; M – число Маха (отношение скорости ГК V к скорости звука a); $k \approx 1,4$ – показатель адиабаты воздуха; k_v – коэффициент, зависящий от величины M , угла конусности β носовой части ГК и обуславливающий переход от прямого скачка уплотнения к косому скачку.

Значения k_v (M , β) приведены в табличном виде в работе [8] (рис. 4), но для облегчения численного моделирования динамики температуры $T(t)$ были получены адекватные уравнения регрессии [9]:

$$k_v \approx 0,02137(90^\circ - \beta) - 1,092 \cdot 10^{-4}(90^\circ - \beta)^2 - \frac{1,142}{M} + 5,516 \cdot 10^{-3} \frac{90^\circ - \beta}{M}, F = 155, \quad (2)$$

$$1 - k_v^2 \approx 1,469 + \frac{0,3824}{\phi_2^2} + 0,04632 \frac{\phi_1^2}{\phi_2} - \frac{1,538}{\phi_2} + 0,1073 \phi_1, F = 1170, \quad (3)$$

где F – критерий Фишера [10]; $\phi_1 = 0,05\beta$; $\phi_2 = 0,462 + 1,68M - 1$.

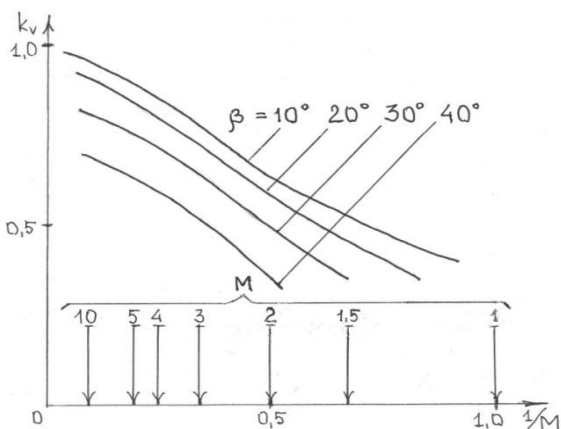


Рис. 4. Величина аэродинамического коэффициента k_v в зависимости от числа Маха и угла конусности β носовой части ГК

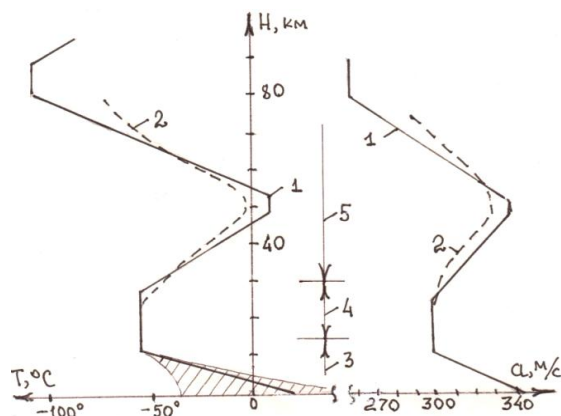


Рис. 5. Изменение температуры и скорости звука с высотой H (1 – по [8]; 2 – по [12]; 3 – тропосфера; 4 – стратосфера; 5 – мезосфера)

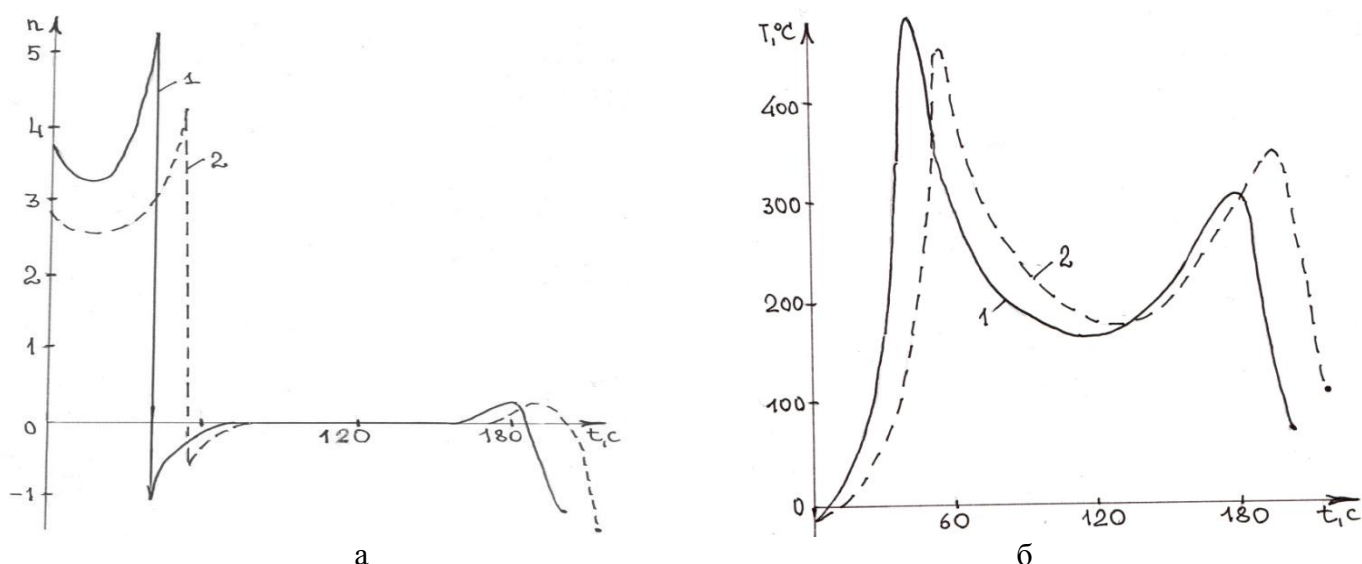


Рис. 6. Динамика перегрузки (а) и нагрева (б, прямой сачок уплотнения) ГК на АУТ и ПУТ (1 – РБ – 1-я ступень, Polaris $m_k=5$ т; 2 – РБ – 1-я ступень Minuteman, $m_k=16$ т)

Параметры атмосферы a и T_a приведены на рис. 5. При проведении компьютерного моделирования в качестве малого и большого РБ были взяты аналоги первых ступеней баллистических ракет типа Polaris и Minuteman [11]. С использованием выражений [4, 8, 11] и (1–3) были получены зависимости динамики числа $M(t)$, перегрузки $n(t)$ и температуры $T(t)$ в носовой части ГК (рис. 2 и 6 соответственно).

Результаты математического моделирования движения на АУТ и ПУТ при различных массах ГК приведены в таблице и свидетельствуют о значительных тепловых нагрузках при больших скоростях движения ГК. Однако эти нагрузки могут быть компенсированы либо применением специального термостойкого экрана для прямого скачка уплотнения (рис. 3а), либо за счет конусности носовой части ГК (рис. 3б), и не представляют большой проблемы при отношении веса ГК к силе тяги РБ больше 10–15 %. На рис. 7 представлена обобщенная номограмма по результатам моделирования при РБ в виде первых ступеней Polaris и Minuteman [11], на которой в координатах «масса ГК m_k – дальность доставки L » приведены уровни максимальных перегрузок n_{max} и временные характеристики доставки.

Таблица. Параметры баллистического движения (на АУТ программный угол $\varphi=50^\circ$)

РБ	1-я ступень Polaris				1-я ступень Minuteman				Участок
$m_k, \text{т}$	1	3	5	15	1	5	20	35	
$t_1, \text{с}$	41	41	41	41	55	55	55	55	АУТ
$H_{\text{АУТ}}, \text{км}$	23,6	17,2	13,2	3,6	43,3	31,0	13,0	5,4	
$T_{1\text{max}}, ^\circ\text{C}$	2176	924	486	26,9	6223	2343	285	39	
$t_2, \text{с}$	399	258	180	98	666	416	184	133	ПУТ
$H_a, \text{км}$	166,0	80,4	48,8	6,8	426,1	169,7	33,3	3,9	
$T_{2\text{max}}, ^\circ\text{C}$	2096	831	302,0	22,7	6352	2290	231	33	

Примечания: температура в месте доставки $T_0=-400^\circ\text{C}$; t_1, t_2 – время достижения первого и второго максимума температуры (скорости); $T_{1\text{max}}, T_{2\text{max}}$ – величины первого и второго максимума температур; $H_{\text{АУТ}}$ – высота окончания АУТ; H_a – высота апогея на ПУТ

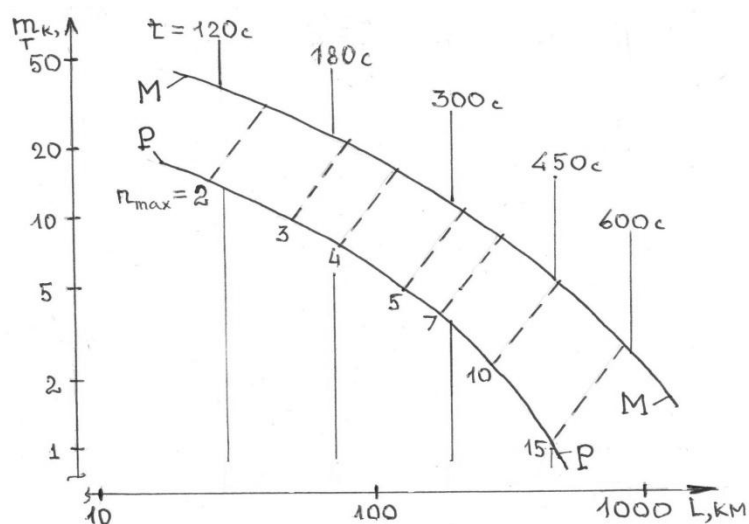


Рис. 7. Номограмма «масса ГК m_k – дальность доставки L » для РБ Polaris (P) и Minuteman (M) с величинами максимальных перегрузок n_{max} и временем доставки t

Управление баллистическим движением с последующим точным приземлением (приводнением) может быть значительно облегчено оборудованием радиомаяка на аварийном объекте. Мягкая посадка ГК может быть обеспечена как известными парашютными системами десантирования техники, так и специальной посадочной системой [6, 7].

Таким образом, есть все основания утверждать, что использование ступеней снимаемых с дежурства баллистических ракет в качестве РБ для ГК позволит обеспечить экстренную доставку необходимых грузов на аварийные объекты в Арктической зоне, на Крайнем Севере и в горные районы специальными грузовыми контейнерами. Тем более, что известен положительный опыт применения метательных систем в области пожарной безопасности [13].

Не исключена даже отправка людей (спасателей, медиков) с использованием подобной ракетной системы при обеспечении мягкой посадки контейнера-модуля.

В дальнейшем целесообразно рассмотреть вариант приземления ГК без отстыковки РБ с использованием эффекта разрушающего демпфирования им при посадке.

Литература

1. Потапенко В.В., Таранцев А.А., Хайрутдинов А.А. Об особенностях тушения пожаров на объектах в Арктической зоне и на Крайнем Севере // Обеспечение пожарной безопасности объектов военной инфраструктуры в условиях военных конфликтов и чрезвычайных ситуаций: материалы Межвуз. науч.-практ. конф. НПК. СПб.: Военный институт (инженерно-технический) ВВАМТО им. генерала армии А.В. Хрулёва, 2016. С. 110–115.
2. Лосев М.А., Таранцев А.А., Таранцев А.А. Моделирование движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Проблемы безопасности и ЧС. 2017. № 2. С. 55–62.
3. Лосев М.А., Шевченко А.В., Полежаева Е.А. Особенности моделирования движения разгонного блока с контейнером для экстренной доставки грузов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 107–115.
4. Комашинский В.И., Таранцев А.А., Лосев М.А. Моделирование системы экстренной доставки грузов для объектов Северного морского пути // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 1 (39). Т. 1. С. 215–223.
5. Устройство для локализации последствий аварии: пат. № 2007204 Рос. Федерация, МКИ5 А62С31/00, F42В15/00; патентообладатель А.А. Таранцев; опубл. 15.02.94. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2007204> (дата обращения: 22.01.2018).

6. Посадочная система: пат. № 2001002 Рос. Федерация; МКИ5 В64G1/00; патентообладатель А.А. Таранцев, А.А. Таранцев; 1990 г.
7. Димич В.В., Таранцев А.А. О возможностях перспективной посадочной системы // Известия вузов. Авиационная техника. 1996. № 4.
8. Краснов Н.Ф. Аэродинамика тел вращения. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1964. 573 с.
9. Таранцев А.А. Регрессионный анализ в задачах принятия решений: монография. СПб.: ИПТ РАН, 2017. 172 с.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. 4-е изд. М.: Наука, 1978.
11. Проектирование и испытание баллистических ракет / под ред. В.И. Варфоломеева и М.И. Копытова. М.: Воениздат, 1970.
12. ГОСТ 4401–81. Атмосфера стандартная. Параметры // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.01.2018).
13. Мавлянкариев Б.А., Хатамов Б.Б., Пен А.Ю. Метательные системы пожарной безопасности. LAMBERT Academic Publishing, 2017. 118 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

О.М. Троянов, кандидат военных наук, доцент;

Ю.В. Рева, кандидат военных наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен один из важных, интенсивно развивающихся компонентов комплексной безопасности жизнедеятельности населения, которым является обеспечение экологической безопасности. На основе Доклада об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 г., подготовленного и представленного Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, показаны отдельные направления обеспечения экологической безопасности и раскрывается сущность обеспечения экологической безопасности как конкретного компонента комплексной безопасности жизнедеятельности населения. Затронуты вопросы формирования экологической культуры в целом и в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России в частности.

Ключевые слова: экологический компонент, экологическая безопасность, безопасность жизнедеятельности населения, экологическая проблема, обеспечение безопасности, обеспечение экологической безопасности, экологическая ситуация

THE ENVIRONMENTAL COMPONENT OF COMPREHENSIVE SECURITY OF THE POPULATION

O.M. Troyanov; Yu.V. Reva.

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

The article is devoted to one of important, intensively developing components of a comprehensive life safety of the population, which is ensuring environmental security. The article-based Report on the environmental situation in Saint-Petersburg in 2016, prepared and presented by the Committee for nature use, environmental protection and ecological safety

of Saint-Petersburg shows the individual areas of environmental safety and reveals the essence of environmental security as a specific component of the comprehensive security of the population. The issues of formation of ecological culture in General and in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia in particular.

Keywords: ecological component, ecological safety, life safety of the population, environmental problem, safety, environmental safety, environmental situation

Несложный анализ основных положений, на основе которых разрабатываются и создаются комплексные системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения на всех уровнях, свидетельствует об обязательном наличии в таких системах экологических компонентов. Отсюда актуальность рассмотрения экологического компонента в обеспечении комплексной безопасности жизнедеятельности населения, соответствующая цели данной статьи и названию «Экологический компонент комплексной безопасности жизнедеятельности населения».

В настоящее время для большей части населения Российской Федерации наличие экологических опасностей, их негативное воздействие на природу и людей становится объективной реальностью и все более ощутимым по последствиям. Не только городское население обращает внимание на складывающуюся неблагоприятную экологическую ситуацию урбанизированных территорий. Небезразличными становятся осложнения экологических проблем для населения далеко за городской чертой.

Важную роль в выявлении экологических опасностей, влияющих на здоровье людей, на экологическую безопасность населения и окружающей природной среды, в обеспечении доступности информации о реальной экологической ситуации, в защите интересов граждан и их прав на здоровую и безопасную окружающую среду играют общественные организации и гражданские объединения. При этом комплексность в деле всестороннего обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, включая экологическую безопасность, может быть достигнута только на основе государственного и муниципального управления.

Под экологической проблемой в общем случае понимается негативное изменение окружающей природной среды, ведущее к структурным и функциональным нарушениям природы, вследствие хозяйственной и иной деятельности людей.

Проявление экологических проблем на локальном, региональном и глобальном уровнях является реальностью сегодняшнего времени. Локальные экологические проблемы создаются под влиянием экологических опасностей от хозяйственной и иной деятельности людей на территории города или вблизи расположенных нескольких населенных пунктов. Региональные экологические проблемы складываются на какой-либо значительной территории, относящейся к крупному району (региону), области, стране и даже группе стран, объединенных по территориальному признаку. Например, усыхание Аральского моря повлияло на климат целого региона, непосредственно прилегающего к бывшей акватории моря (на расстоянии до 100 км от бывшей береговой черты), который стал более континентальным. Глобальные экологические проблемы формируются и оказывают воздействие в масштабе всей биосферы Земли.

Экологические проблемы Санкт-Петербурга могут рассматриваться как локальные.

Основными экологическими проблемами Санкт-Петербурга, как и многих других крупных городов России, с которыми ежедневно сталкиваются их жители, являются:

- загрязнение атмосферного воздуха;
- загрязнение почв (почвенного покрова);
- загрязнение питьевой воды и снижение качества воды в водотоках;
- негативное влияние природных и техногенных источников радиации;
- накопление, низкая эффективность переработки и утилизации отходов;
- негативные факты в решении вопросов содержания и увеличения зеленых насаждений в городе, особо охраняемых природных зон.

Наиболее острыми для многих городов России являются проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, водных объектов и проблемы обращения с отходами, особенно с твердыми коммунальными отходами [1].

В целях обеспечения комплексной безопасности жизнедеятельности населения Санкт-Петербурга задачи обеспечения экологической безопасности курирует и отслеживает экологическую ситуацию в городе на Неве Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, который взаимодействует практически со всеми структурами Правительства Санкт-Петербурга, а также с Главным управлением МЧС России по Санкт-Петербургу.

Ежегодно Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга готовится Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге. Доклад готовится в соответствии с Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» во исполнение поручения Президента Российской Федерации по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному собранию Российской Федерации от 30 ноября 2010 г.

В этом докладе состояние атмосферного воздуха, водных объектов и объектов обращения с твердыми коммунальными отходами характеризуется следующим образом.

Загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга обусловлено преимущественно выбросами автотранспорта и промышленных предприятий. В загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга больше всего (84,5 %) вносит автомобильный транспорт. Суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух Санкт-Петербурга от стационарных и передвижных источников в 2016 г. составил 530,2 тыс. т, в том числе твердых веществ – 3,4 тыс. т, диоксида серы (SO₂) – 4,6 тыс. т, оксида углерода (CO) – 383,4 тыс. т, оксидов азота (NO_x) – 65,9 тыс. т, углеводородов (CH_x) – 22,7 тыс. т, летучих органических соединений (ЛОС) – 48,9 тыс. т и прочих загрязняющих веществ – 1,3 тыс. т (рис. 1).

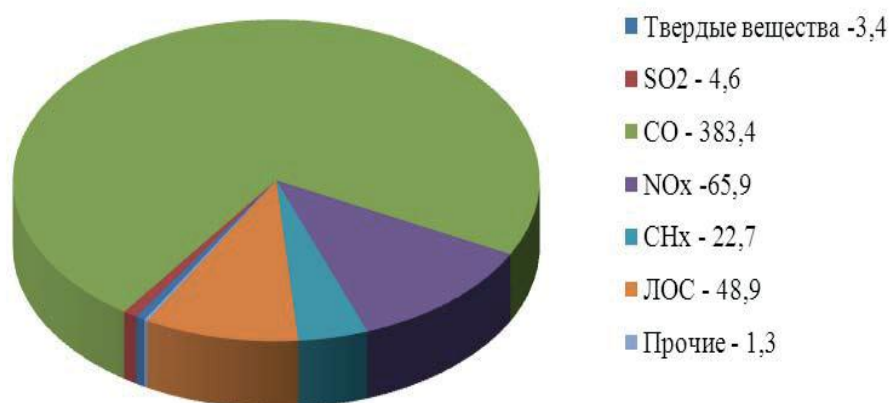


Рис 1. Загрязнение воздуха в Санкт-Петербурге

По официальным данным Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта (с учетом индивидуального транспорта) по городу Санкт-Петербургу в 2016 г. составили 447,8 тыс. т.

В компьютерном банке данных по состоянию на апрель 2017 г. содержатся сведения о параметрах выбросов порядка 40 тыс. стационарных источников, принадлежащих 1 291 промышленному предприятию города, и параметрах передвижных источников

(автотранспорта) на 336 городских автомагистралях, включающих 2 134 участка автомагистралей. Выбрасываются в атмосферный воздух загрязняющие вещества около 477 наименований. В суммарный выброс по городу наиболее весомый вклад традиционно вносят выбросы диоксида азота и оксида углерода, поступающие в атмосферу как от стационарных источников, так и от автотранспорта. Объекты теплоэнергетики вносят основной вклад в промышленные выбросы диоксида азота и оксида углерода.

Оценка качества атмосферного воздуха нашего города проведена на базе данных, которые получены от Автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (АСМ), по нормативам качества атмосферного воздуха и показателям, действующим на территории Российской Федерации.

Двадцать две автоматические станции в настоящее время включает мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге.

Их географическое размещение показано на рис. 2.

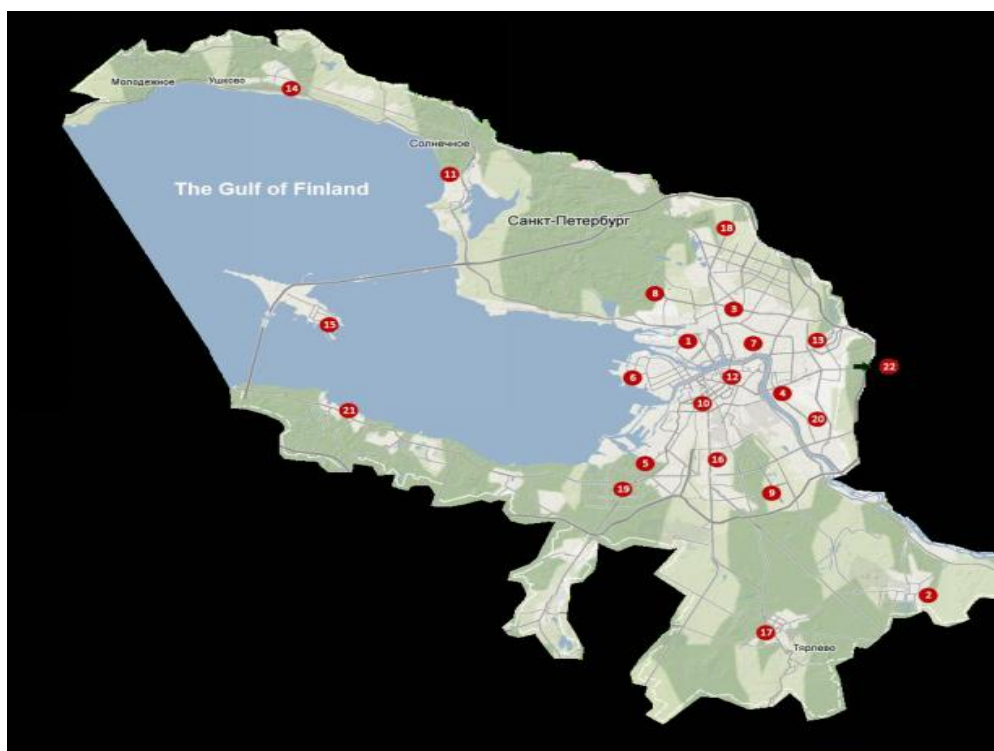


Рис. 2. Автоматические станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха

Колебания среднегодовых концентраций за последние пять лет относительно уровня 2008–2009 гг. без их существенного изменения показывает динамика изменения концентрации диоксида азота в целом по городу. Уровень концентрации диоксида азота за этот период существенно не изменился и в 2016 г. не превышает целевого значения концентрации, установленного Директивами ЕС (40 мкг/куб. м).

Проведенный анализ показателей качества атмосферного воздуха Санкт-Петербурга в 2016 г. на соответствие нормативам, которые установлены Директивами ЕС, позволяет сделать следующие выводы:

1. По количеству эпизодов превышения установленных уровней концентраций загрязняющих веществ показатели качества атмосферного воздуха Санкт-Петербурга соответствовали нормативам, установленным Директивами ЕС, кроме PM_{10} на станции № 20, где сказалось влияние активной застройки территории в непосредственной близости от места расположения станции с учетом преобладающих ветров.

2. Не соответствовало нормативу, установленному Директивами ЕС, значение среднегодовой концентрации диоксида азота на станциях № 12, 13, 18 и 20.

По диоксиду серы, оксиду углерода, $PM_{2,5}$, озону, 3,4-бензпирену и бензолу показатели качества атмосферного воздуха Санкт-Петербурга соответствовали нормативам, установленным Директивами ЕС.

Гидрохимические съемки водотоков в окрестностях Санкт-Петербурга в 2016 г. проводились в 15 пунктах (22 створа); во всех створах, кроме одного, расположенного в р. Неве ниже впадения р. Славянки, пробы отбирались на одной вертикали и одном горизонте (поверхностном). С мая по сентябрь в р. Неве ниже впадения р. Славянки гидрохимические наблюдения проводились на трех вертикалях (0,1; 0,5; 0,9 ширины реки), на середине реки в поверхностном горизонте у берегов на двух горизонтах (поверхностном и придонном); в остальные месяцы – на одной вертикали и на одном горизонте (поверхностном) (табл.).

Таблица. Характеристика загрязненности воды водотоков Санкт-Петербурга в 2015–2016 гг.

№ пункта (створа)	Водный объект	Характеристика загрязненности воды	
		2015 г.	2016 г.
141	протока б/н № 840	очень загрязненная	очень загрязненная
142	р. Каменка	грязная	грязная
161 (1)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
161 (2)	р. Нева	очень загрязненная	загрязненная
161 (3)	р. Нева	загрязненная	загрязненная
161 (4)	р. Нева	очень загрязненная	загрязненная
161 (5)	р. Нева	слабо загрязненная	загрязненная
161 (6)	Большая Нева	загрязненная	загрязненная
162	Большая Невка	слабо загрязненная	слабо загрязненная
163	р. Карповка	загрязненная	слабо загрязненная
164	р. Чёрная Речка	очень загрязненная	загрязненная
165	Малая Невка	загрязненная	слабо загрязненная
166	р. Фонтанка	слабо загрязненная	слабо загрязненная
167	р. Мойка	слабо загрязненная	загрязненная
168	Малая Нева	загрязненная	слабо загрязненная
169	р. Ждановка	слабо загрязненная	слабо загрязненная
172	р. Ижора	грязная	грязная
173	р. Славянка	грязная	очень загрязненная
174	Обводный канал	загрязненная	очень загрязненная
175 (1)	р. Охта	грязная	грязная
175 (2)	р. Охта	грязная	грязная
175 (3)	р. Охта	грязная	грязная

На территории Санкт-Петербурга в 2016 г. было зафиксировано семь значений, квалифицируемых как экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ). Значения, квалифицируемые как высокое загрязнение (ВЗ), были отмечены в 12 случаях ВЗ. В соответствии с Приказом Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) от 31 октября 2000 г. № 156 приняты критерии ЭВЗ и ВЗ.

Как Балтийского моря в целом, так и восточной части Финского залива, включая Невскую губу, основными проблемами остаются химическое загрязнение и эвтрофирование.

Эвтрофирование – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных и природных факторов. Между эвтрофированием и загрязнением имеется существенная разница, заключающаяся, прежде всего, в том, что загрязнение обусловлено сбросом вредных

веществ, подавляющих биологическую продуктивность водоемов, а эвтрофирование повышает эту продуктивность. Среди основных источников загрязнения водоемов биогенными веществами, которые приводят к эвтрофированию, служат смыв фосфорных и азотных удобрений с полей и сброс сточных вод, в том числе и прошедших биологическую очистку.

Решающую роль среди множества биогенных элементов, влияющих на процесс эвтрофирования (азот, кислород, углерод, сера, кальций, калий, хлор, железо, марганец, кремний и др.), для водоемов умеренной зоны играет фосфор.

С точки зрения водопользования и водопотребления (развитие «цветения» и ухудшение качества воды, появление анаэробных зон, нарушение структуры биоценозов и исчезновение многих видов гидробионтов, в том числе ценных промысловых рыб) развитие процесса антропогенного эвтрофирования приводит ко многим неблагоприятным последствиям [2].

Образование отходов является неотъемлемым следствием жизнедеятельности городов, а удаление отходов – базовая задача управления коммунальной инфраструктурой города.

Объекты обращения с отходами относятся к объектам жизнеобеспечения городов и населенных пунктов и классифицируются как сооружения особо высокого уровня ответственности.

В 2016 г. в Санкт-Петербурге в объектах жилищного фонда, объектов жилищного фонда со встроенными нежилыми помещениями (отходы, образованные в жилых помещениях жилищного фонда и нежилых помещениях, расположенных в жилых домах) образовано 1 680 400 т твердых коммунальных отходов, из которых подверглось обработке, утилизации, обезвреживанию 287 тыс. т. Основная часть отходов была обезврежена на подведомственном Комитету предприятия СПб ГУП «Завод МПБО-2».

В соответствии с требованиями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 16 марта 2016 г. № 197 «Об утверждении требований к составу и содержанию территориальных схем в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами», а также с учетом рекомендаций Росприроднадзора по согласованию территориальных схем, изложенных в письме от 31 мая 2016 г. № АС-03-03-36/10394 разработана Территориальная схема Санкт-Петербурга обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами.

Утвержденная территориальная схема размещена на официальном сайте Комитета по благоустройству в сети Интернет по адресу: URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/blago/documents/>.

В рамках реализации государственной программы Санкт-Петербурга «Благоустройство и охрана окружающей среды в Санкт-Петербурге» на 2015–2020 гг., утвержденной постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 17 июня 2014 г. № 487, Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, проводятся мероприятия по снижению негативного воздействия факторов экологического риска на окружающую среду. Одним из таких мероприятий является обеспечение функционирования Системы сбора опасных отходов от населения Санкт-Петербурга.

Ежегодно подводимые итоги сборов опасных отходов от населения показывают, что Система пользуется большой популярностью у жителей города, вызывает все больший интерес у подрастающего поколения, что очень важно с точки зрения воспитания экологической сознательности, бережного отношения к природе, понимания значимости роли человека в ее сохранении. Так, посредством Системы в 2016 г. было собрано около 290 т опасных отходов, что в 1,5 раза превышает результаты 2015 г. и более чем в два раза – результаты 2014 г., а количество жителей, обратившихся на стационарные пункты и экомобили, составило более 60 тыс. человек [3].

Большая часть собранных от населения опасных отходов обезвреживается и утилизируется с максимальным извлечением вторичных ресурсов для последующего использования, а остатки подлежат безопасному захоронению.

В Санкт-Петербурге уже два года успешно реализуется пилотный проект по накоплению отработанных малогабаритных источников тока (батареек и аккумуляторов) от населения с помощью картонных экобоксов.

Экобокс представляет собой коробку из картона размером 38,5*24*24 см (рис. 3). Сверху имеется отверстие для приема использованных источников питания, сбоку – два отверстия для удобства переноски. Коробка ламинирована и конструктивно усилена – имеет двойное основание и двойные стенки с боковых сторон, что позволяет переносить значительный вес и исключает контакт размещенных в коробке отходов с руками человека при переноске, препятствует протеканию электролита из батареек и аккумуляторов, обеспечивает безопасное временное складирование отработанных батареек и аккумуляторов.



Рис. 3. Экобокс для приема использованных источников питания

За относительно короткий промежуток времени экобоксы полюбили горожанам. Дети приводят родителей для сдачи батареек в школы и магазины нашего города. Итоги сбора акций в игровой и соревновательной форме в образовательных учреждениях бьют все рекорды: за период нескольких недель накапливаются сотни килограммов малогабаритных батареек.

В результате только экобоксами в 2016 г. в Санкт-Петербурге было накоплено и передано на утилизацию более 10 т отработанных батареек и аккумуляторов.

Такой экобокс в ближайшее время должен обязательно появиться в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России. Это не только элемент обеспечения экологической безопасности и безопасности жизнедеятельности, но и фактор формирования экологической культуры.

В настоящей статье затронуты лишь некоторые проблемы экологической безопасности в рамках обеспечения комплексной безопасности жизнедеятельности населения, причем на локальном уровне.

Сегодня экологические проблемы уже не только удивляют, но и настораживают своей масштабностью и критичностью, человек выступает главным фактором против природы.

В каждой стране, в каждом городе людьми осуществляется хозяйственная и иная деятельность, оказывающая негативное воздействие на окружающую среду, включая самих людей, построены сотни, тысячи и миллионы предприятий, которые напрямую разрушают природу. При этом многие совсем не задумывается, сколько же времени нужно, что бы восстановить чистоту почвы, воды, воздуха. Это следствие низкой экологической культуры, а порой просто ее отсутствия.

Здесь уместно привести конкретное требование Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Статья 71 – «Всеобщность и комплексность экологического образования» данного закона обязывает «В целях формирования экологической культуры и профессиональной подготовки специалистов в области охраны окружающей среды устанавливается система всеобщего и комплексного экологического образования, включающая в себя общее образование, среднее профессиональное образование, высшее образование и дополнительное профессиональное образование специалистов, а также распространение экологических знаний, в том числе через средства массовой информации, музеи, библиотеки, учреждения культуры, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма».

Здесь также уместно отметить, что в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России практически всеми учебными планами по всем направления и специальностям высшего образования предусматриваются дисциплины экологической направленности. Представляется целесообразным расширить экологическую составляющую в системах дополнительного образования, переподготовки и повышения квалификации [4].

В заключении невозможно не привести одно из основных современных требований обеспечения экологической безопасности и формирования экологической культуры: «мысли глобально – действуй локально». В связи с этим требованием уместно отметить особую значимость эколого-просветительского фильма «Номе» («Дом», История путешествия. Свидание с планетой. Франция, 2009 г.) фотографа, режиссера и сценариста Яна Артюса-Бертранда, продюсера Люка Бессона и исполнительного директора компании-спонсора Франсуа Анри-Пино.

Можно привести множество примеров ярких и привлекательных телевизионных проектов, посвященных экологическим проблемам. В настоящее время значительно расширился спектр экологически направленных фильмов и по количеству, и по представленным в них проблемам, и по возможным путям решения экологических проблем и задач. Однако фильм «Номе» по праву считается одним из наиболее выдающихся эколого-просветительских фильмов. Впервые фильм «Номе» был представлен 5 июня 2009 г. во Всемирный день охраны окружающей среды. В этот день фильм «Номе» одновременно в открытом показе, причем бесплатно, демонстрировался в городах 87 стран мира, в том числе в Москве, Париже, Лондоне, Токио, Нью-Йорке. Телезрители могли смотреть полуторачасовой фильм «Номе» на больших экранах, установленных на открытых площадках, в кинозалах, по 60 телеканалам (не считая кабельных сетей). Можно было смотреть фильм и в интернете.

Премьера фильма «Номе» стала беспрецедентным событием мирового масштаба. В фильме демонстрируется красота нашей планеты, нашей Земли, нашего общего дома и подчеркивается важность заботы о нашем общем доме. Фильм почти полностью состоит из видов разных мест Земли с высоты птичьего полета. Голос за кадром рассказывает об экологических катастрофах, угрожающих планете, на примере катастроф, разворачивающихся в настоящее время. Фильм выпущен сразу на нескольких языках: арабском, английском, французском, немецком, нидерландском, португальском, русском, испанском и курдском.

Практически весь фильм снимался с вертолета на камеру высокого разрешения Cineflex. За 18 месяцев съемочная группа побывала в 53 странах мира. При этом в некоторых странах, например, в Китае и Саудовской Аравии, режиссеру было отказано в проведении воздушной съемки. В Индии половина отснятых материалов была конфискована, а в Аргентине Артюс-Бертрану и его помощникам пришлось провести неделю в тюрьме (Екатерина Гоголева «Номе – фильм каждого из нас...» // Эрфольг: Интернет-журнал). Во многих странах фильм о красоте Земли и ее экологических проблемах, демонстрация которого, по словам режиссера, «граничит с политическим призывом», был запрещен к показу.

Цель фильма «Home» – не только продемонстрировать красоту нашей планеты, нашего общего дома – главное подчеркнуть важность заботы о Земле. Фильм «Home» способствует формированию нового мировоззрения человека. Все в нашем мире взаимосвязано, поэтому задача всех и каждого из нас «мыслить глобально – действовать локально», сохранить природу и сохранить жизнь на всей планете Земля.

В интересах формирования экологической культуры, в процессе изучения дисциплин экологической направленности слушателями, курсантами и студентами Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России фрагменты фильма Янна Артюс-Бертрана «Home» демонстрируются профессорско-преподавательским составом кафедры сервис безопасности. Преподаватели кафедры сервис безопасности призывают всех, кто по каким-то причинам, еще не видел фильм Янна Артюс-Бертрана «Home», выполнить призыв рекламной компании фильма «Приди на свидание с планетой!» и посмотреть этот фильм. Фильм «Home» поможет каждому задуматься над глобальными и местными экологическими проблемами и понять сущность экологического требования «мысли глобально – действуй локально».

Фильм Янна Артюс-Бертрана «Home» («Дом». История путешествия. Свидание с планетой. Франция, 2009) без труда можно найти в интернете. Этот фильм можно скопировать на кафедре сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России [5].

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 г. / под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Сезам-принт», 2017. 158 с.
2. Центр Экологических инициатив. URL: <http://npcei.ru/press/64> (дата обращения: 13.10.2017).
3. Мюррей Р. Цель – Zero Waste: пер. с англ. В.О. Горницкого. М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2004. 232 с.
4. Пименова М.А., Сай А.Р., Цыбакова Т.В. Улучшение экологической обстановки путем создания единой базы отходов, пригодных для вторичного использования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 21–27.
5. Крейтор В.П., Троянов О.М. Экология: учеб. пособие / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб., 2009.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУППИРОВКИ РСЧС ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.А. Горбунов, кандидат военных наук, доцент;

В.Н. Шангин;

А.Ю. Пономорчук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Раскрыты вопросы, связанные с организацией применения системы информационной поддержки принятия решений, построенной на основе геоинформационных систем. Рассматривается структура системы и порядок ее функционирования.

Ключевые слова: система информационной поддержки принятия решений, местоположения элементов группировки, оперативные базах данных, хранилища данных, свойства участков местности

SOLUTION OF THE TASK OF OPTIMIZING THE LOCATION OF THE ELEMENTS OF THE GROUPING OF THE FORCES FOR THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS OF THE UNIFIED STATE SYSTEM OF PREVENTION AND LIQUIDATION OF EMERGENCY SITUATIONS

A.A. Gorbunov; V.N. Shangin; A.Yu. Ponomorchuk.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article reveals the issues related to the organization of the application of the information support system for decision-making built on the basis of geoinformation systems. The structure of the system and the order of its functioning are considered.

Keywords: information support system for decision-making, location of grouping elements, operational databases, data warehouses, properties of terrain sections

С целью решения управленческих задач при организации ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера силами Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) создается система поддержки принятия решений. Система поддержки принятия решений (СППР), целью которой является поддержка управленческих решений по выбору местоположения элементов группировки РСЧС [1].

На СППР возлагается решение следующих задач:

- определение оптимального решения из предложенных;
- проведение ранжирования полученных решений по определенным показателям.

При решении данных задач важным этапом является определение основных критериев и их показателей, влияющих на качество принятия того или иного управленческого решения.

Система СППР предоставляет должностным лицам органов управления такую возможность.

Для анализа и выработки предложений по выбору местоположения элементов группировки РСЧС в СППР могут применяться разные методы.

К данным методам относятся:

- информационный поиск;
- интеллектуальный анализ данных;
- поиск знаний в базах данных;
- рассуждение на основе прецедентов;
- имитационное моделирование;
- эволюционные вычисления и генетические алгоритмы;
- нейронные сети;
- ситуационный анализ;
- когнитивное моделирование и др. [2].

На основе анализа данных известно, что в СППР по выбору местоположения элементов группировки РСЧС, построенной на основе геоинформационных системах (ГИС), будут использоваться вышеуказанные методы.

На рис. 1 приведена архитектурно-технологическая схема информационно-аналитической поддержки принятия решений.

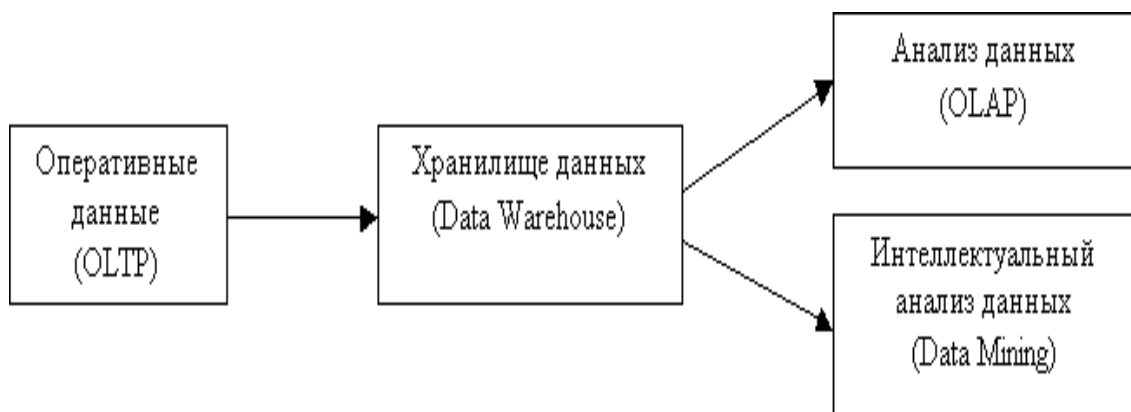


Рис. 1. Архитектурно-технологическая схема СППР

Исходной информацией для принятия управленческих решений являются совокупности данных об управляемых объектах.

На данный момент вся исходная информация, необходимая для принятия управленческих решений, хранится в базах данных.

Обобщенная компонентная структура СППР представлена на рис. 2.

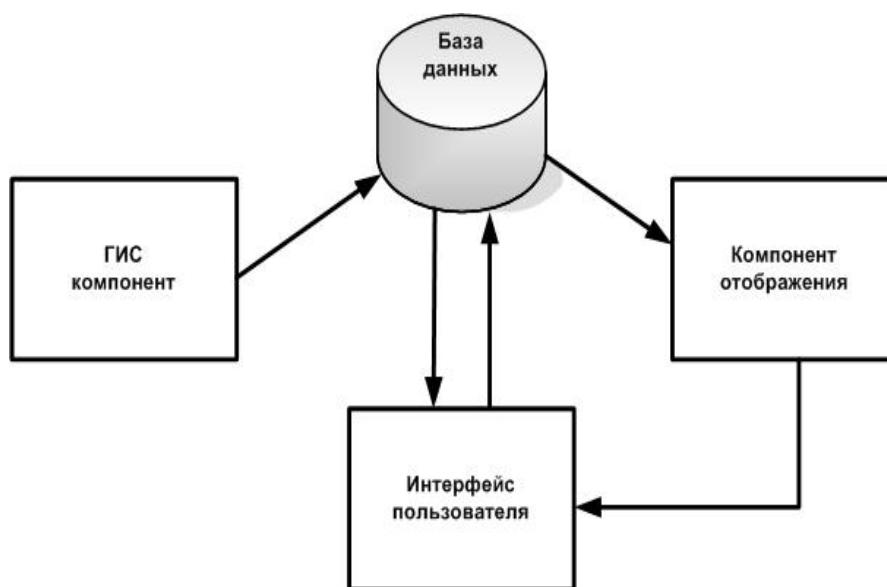


Рис. 2. Обобщенная структура СППР

В СППР на основе ГИС должностные лица органов управления РСЧС имеют возможность:

- оперативно определять по карте район ЧС;
- определить наиболее выгодное местоположение элементов группировки РСЧС;
- привязать сведения из базы данных к соответствующим точкам на картах;
- визуально оценивать и получать актуальную оперативную информацию;
- визуально по карте и на основе сопутствующей цифровой и текстовой информации проводить сравнение характеристик свойств местности по районам;
- выявлять и обозначать неблагополучные по различным признакам районы или зоны;
- изучать и анализировать взаимосвязи между различными факторами, определяющими свойства участков местности для размещения элементов группировки РСЧС;

– принимать обоснованные решения на основе всестороннего анализа, имеющегося в распоряжении должностного лица набора информации.

На рис. 3 приведена обобщенная схема взаимодействия должного лица органа управления РСЧС с информационной подсистемой СППР по выбору местоположения элементов группировки РСЧС, построенной на основе ГИС.

Работа системы основана на интеграции в ГИС географических данных, данных о районе ЧС, объектов инфраструктуры, сведений о группировке РСЧС и т.д.

Исходной информацией являются: картографические данные, справочные данные, учет границ района ЧС; учет техники и личного состава элементов группировки РСЧС.

На основе анализа и обработки этой информации рассчитываются рациональные варианты размещения элементов группировки РСЧС.

Система позволяет создавать цифровую модель местности в районе ЧС и вести пространственно распределенную базу данных.

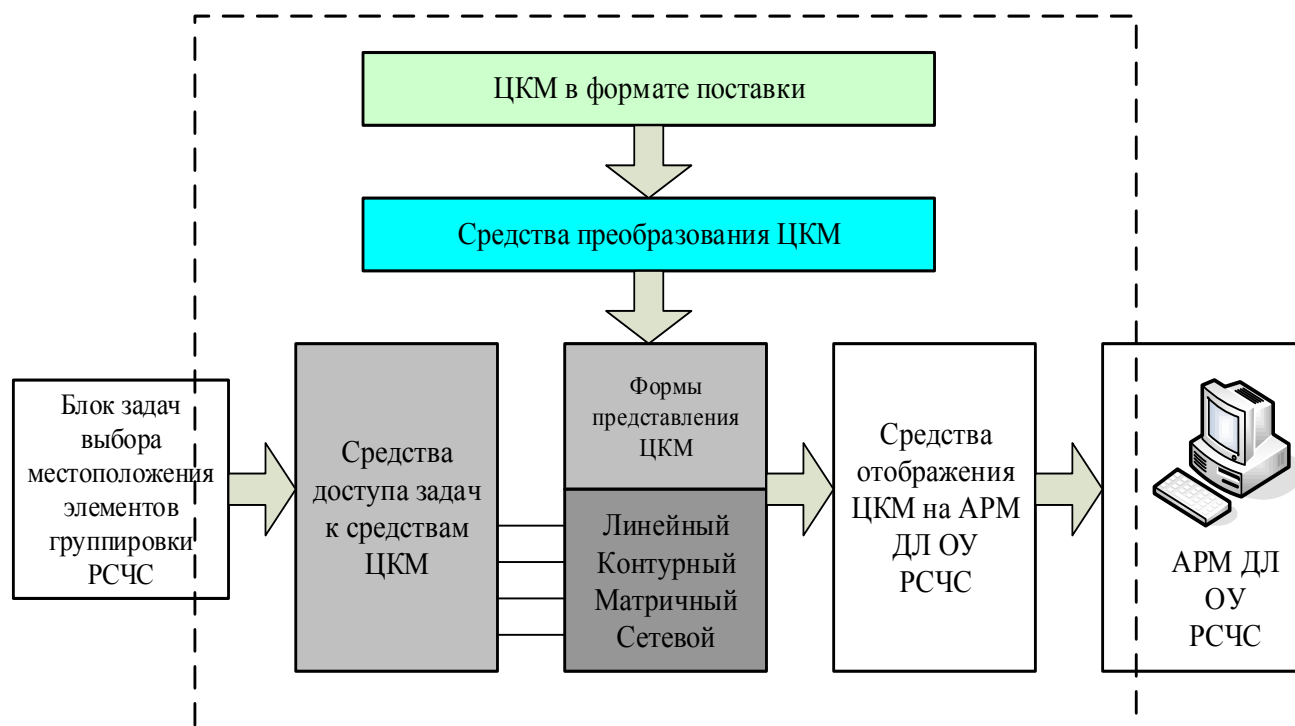


Рис. 3. Обобщенная схема взаимодействия должного лица органа управления объединения с информационной подсистемой СППР:

АРМ – автоматизированное рабочее место; ЦКМ – цифровая карта местности

Итоговые данные об элементах системы РСЧС могут иметь следующий вид:

- графическая информация;
- текстовая информация;
- картографическая документация.

СППР на основе ГИС оказывает помощь должностному лицу органа управления, принимающему решение (ДЛ ОУ) по выбору местоположения элементов группировки РСЧС, в следующих случаях:

- при анализе и оценке сложившейся ситуации и ограничений, накладываемых обстановкой в зоне ЧС, местностью и окружающей средой;
- при определении вероятных решений ДЛ ОУ по выбору местоположения элементов группировки РСЧС;
- при проведении оценки предполагаемых альтернативных решений с учетом опыта ДЛ ОУ и учета физико-географических условий местности;
- при анализе результатов принятых управленческих решений;

– в определении оптимального варианта решения.

Схема развертывания элементов СППР на пункте управления представлена на рис. 4.

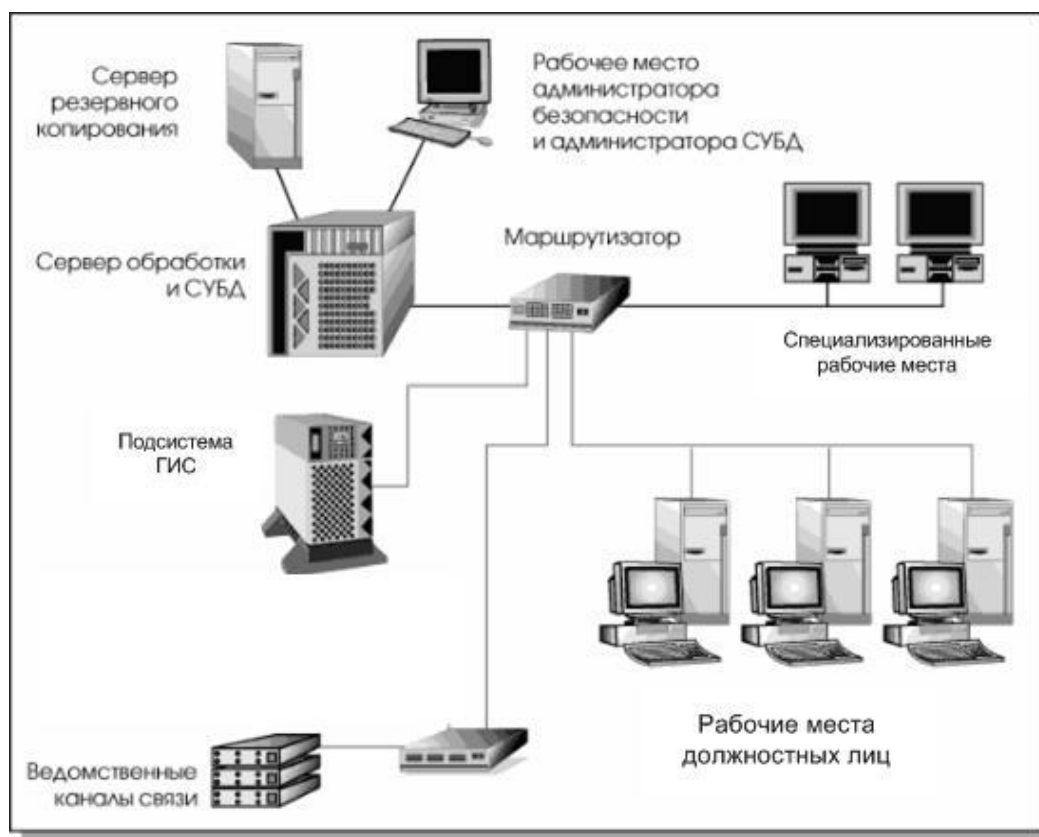


Рис. 4. Схема развертывания элементов СППР на пункте управления

Применение СППР предполагает:

- автоматизацию процесса поддержки принятия решения и обработку исходной информации;
- преобразование информации в вид, удобный для дальнейшего использования;
- проведение ситуационного моделирования и классификацию моделей;
- определение рациональной структуры применяемых сил и средств.

Таким образом, создание системы информационной поддержки процессов принятия решений на основе ГИС-технологий дает возможность принимать оптимальные управленческие решения, основанные на пространственном анализе условий обстановки, состояния дорожной сети и т.д.

Литература:

1. Горбунов А.А., Степанов С.В. Организация выполнения принятых решений по действиям сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 1 (33). С. 104–108.
2. Батищев Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач: учеб. пособие. Н. Новгород, 2007.

РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СОТРУДНИКОВ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ РАБОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВИАСПАСАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.И. Комаров, кандидат экономических наук;

В.О. Булатов, кандидат технических наук;

М.М. Думчева.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

О необходимости создания тренажерного комплекса для подготовки сотрудников аварийно-спасательных формирований, по роду своей деятельности связанных с беспарашютным десантированием из вертолетов различных типов, для проведения спасательных работ в труднодоступной и отдаленной местности.

Ключевые слова: тренажерный комплекс, сотрудники аварийно-спасательных формирований, беспарашютное десантирование из вертолетов различного типа, спасательные работы, труднодоступная и отдаленная местность

DEVELOPMENT OF TRAINER COMPLEX FOR EMPLOYEES OF RESCUE FORMING CARRYING OUT WORKS WITH THE USE OF AIRRESCUE TECHNOLOGIES

M.I. Komarov; V.O. Bulatov; M.M. Dumcheva.

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

About the necessity of creation of trainer complex for preparation of employees of the rescue forming on the sort of the activity of the different types related to lowering on a rope from helicopters for realization of rescue works in difficult of access and remote locality

Keywords: training complex, employees of the rescue forming, lowering on a rope from the helicopters of different type, rescue works, difficult of access and remote locality

Аварийно-спасательные формирования МЧС России достаточно часто применяют вертолеты при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ, особенно, когда работы необходимо проводить в труднодоступных и отдаленных районах, кроме того, в крупных мегаполисах и их окрестностях из-за пробок (заторов) на дорогах вертолет зачастую является единственным способом доставки спасателей и эвакуации пострадавших [1–8]. Это позволяет существенно сократить время на проведение поисково-спасательной операции или время доставки пострадавшего в специализированное медицинское учреждение, что значительно повышает шансы на выживание [9–13].

Оперативность оказания помощи является обязательным условием ее эффективности. Однако посадка вертолета не всегда возможна из-за его габаритов и других факторов [14–21].

Применение вертолетов существенно уменьшает количество привлекаемых сил и средств для проведения поисково-спасательных операций, то есть оказывается экономически выгодным, даже несмотря на высокую стоимость эксплуатации вертолетов (рис. 1) [22].

В связи с этим одной из основных задач и главным методом подготовки при осуществлении профессиональной подготовки спасателей определяются практические занятия с отработкой нормативов по выполнению беспарашютного десантирования. Основное внимание при подготовке необходимо сосредоточить на изучении назначения, тактико-технических характеристик и конструкции спусковых устройств, правил спуска

и подъема, оборудования вертолетов, изучения международных сигналов авиационного спасения и требований безопасности, выработке у спасателей навыков практического десантирования [23].



Рис. 1. Посадка легкого вертолета Bell 407 при теракте на станции метро «Технологический институт», Санкт Петербург [24]

Успешное решение этих задач дает наибольший эффект, если обучение проводится в условиях, максимально приближенных к действительным. При этом спасатель должен многократно пережить многие из тех интеллектуальных, эмоциональных, волевых и физических трудностей и проблем, с которыми он может встретиться в условиях обстановки, характерной для чрезвычайной ситуации (ЧС). Всякие условности должны быть исключены. В результате проводимой подготовки каждый специалист должен до мелочей знать, что, как, в какой последовательности и почему надо делать при выполнении указанных видов работ, чтобы успешно решить задачу и исключить травматизм.

Для формирования у спасателей готовности к действиям в ЧС огромное значение имеет создание отчетливого представления картины практических действий во всех деталях и культивирование уверенности в используемых технических средствах состоящих на оснащении.

В настоящее время в России эксплуатируется немногим более 2 тыс. вертолетов девяти типов двух основных отечественных производителей: Московского вертолетного завода им. Миля (МВЗ) и фирмы «Камов». В состав современного российского вертолетного парка входят вертолеты: Ми-2, Ми-6, Ми-8, Ми-10, Ми-26, Ми-34, Ка-26, Ка-32 и «Ансат» [25].

Разнообразие задач, для выполнения которых требуется привлечение вертолетной техники, предполагает наличие достаточно широкого спектра как самих вертолетов, так и их специализированного оборудования.

В авиационном парке МЧС России применяются в основном два типа вертолетов: МИ-8 (Т, МТК, МТВ) и Ка-27(32) [25]. Их тактико-технические характеристики в значительной степени отличаются, габаритные размеры представлены на рис. 2, 3. Ограничения, связанные с погодными условиями, для МИ-8 намного серьезнее, однако вместимость и грузоподъемность значительно выше. Для решения задач по доставке грузов, поиску и спасению людей, эвакуации населения, культурных и материальных ценностей в безопасные районы с помощью авиационной техники применяют оба типа вертолетов.



Рис. 2. Основные габаритные характеристики вертолета КА-32 и МИ-8Т:
входная левая дверь: 1 200х1 200 мм, есть модификации с двумя дверьми по обоим бортам;
высота салона: 1 320 мм;
пол грузовой кабины: ширина 1 300 мм, длина 4 520 мм;
количество посадочных мест в транспортном варианте: 16;
применяемые лебедки – ЛПГ-300 (аналог СЛГ-300) находится снаружи фюзеляжа

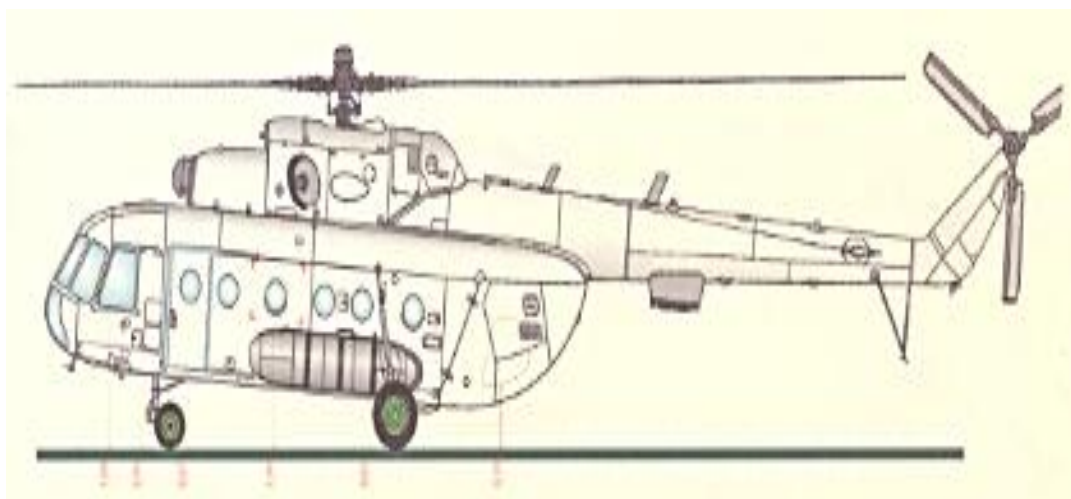


Рис. 3. Основные габаритные характеристики вертолета МИ-8Т:
входная левая дверь: стандартная 825х1 405 мм для лебедки СЛГ-300 – 1 300х1 405 мм;
высота салона: в грузовом варианте 1 800 мм, в пассажирском варианте – 1 700 мм;
пол грузовой кабины: ширина 2 060 мм, длина без створок 5 340 мм, длина со створками 7 820 мм;
количество швартовочных узлов на палубе – 27, применяемые лебедки ЛПГ-150 м и СЛГ-300;
количество посадочных мест в транспортном варианте:
без дополнительных баков (внутри фюзеляжа) – 24, с одним баком – 12, с двумя баками – 8

Таким образом, для отработки навыков десантирования необходимо создать тренировочную зону с максимально приближенным к реальным условиям оборудованием и с соблюдением необходимых размеров. Площадка для проведения практических занятий по беспарашютному десантированию из вертолета делится на две зоны в соответствии с размерами кабин двух разных типов вертолетов (рис. 4, 5). Особенно важно учесть высоту кабины, точки крепления снаряжения и оборудования, размеры дверей и наличие сигнальных табличек (рис. 6, 7).



Рис. 4. Грузопассажирский отсек вертолета КА-32



Рис. 5. Грузопассажирский отсек вертолета МИ-8Т

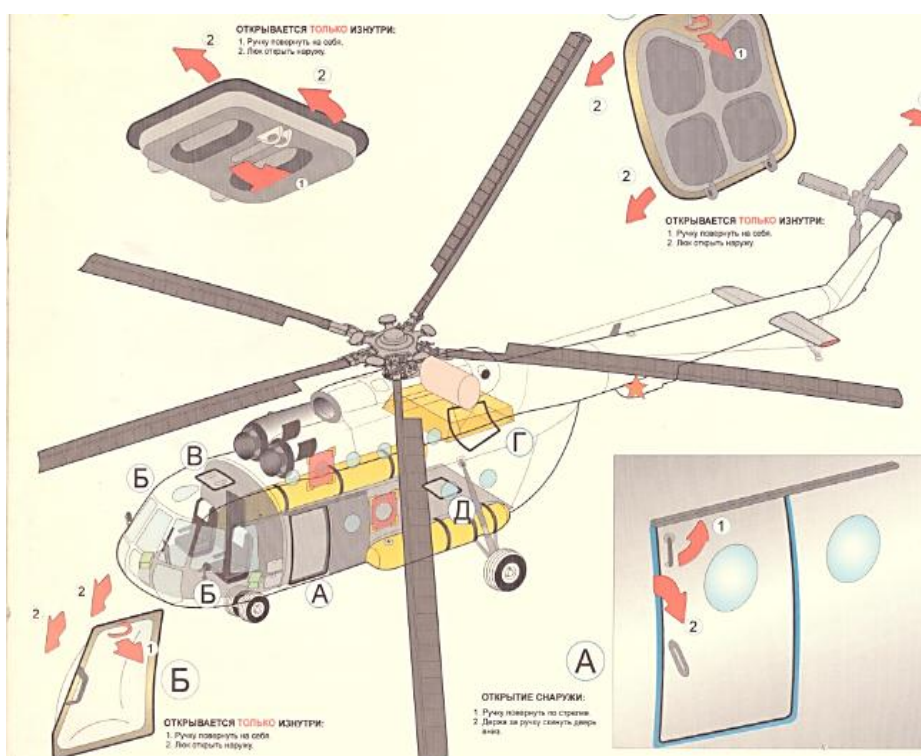


Рис. 6. Схема размещения аварийных выходов вертолета МИ-8Т

Рабочее пространство делится на две площадки, имитирующие пол вертолетов обоих типов. По возможности располагать их рекомендуется на высоте, соответствующей высоте кабины: для МИ-8 – 1,8 м, для Ка-27(32) – 1,3 м [15–20].

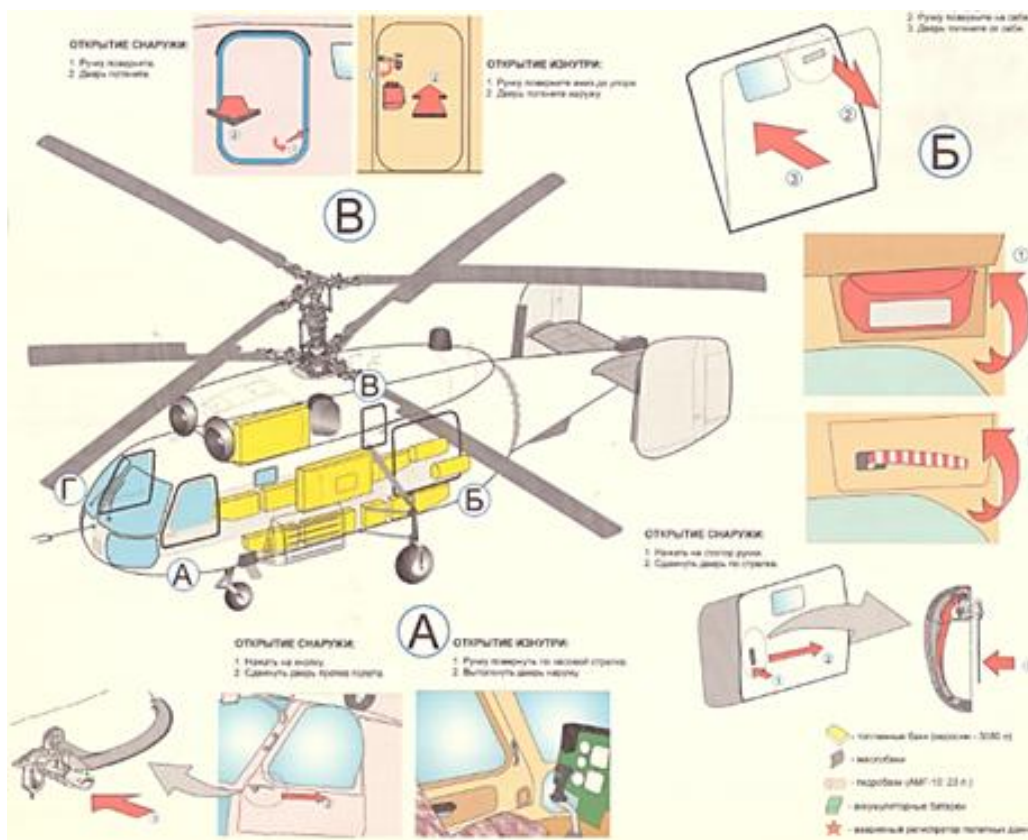


Рис. 7. Схема размещения аварийных выходов вертолета КА-32

Площадка для МИ-8 имеет следующие размеры: длина 5,370 м, ширина 2,060 м. Максимальная допустимая вместимость вертолета – 20 человек. Для наиболее детальной проработки внутреннего оборудования кабины необходимо создать следующие элементы: 27 точек крепления, расположенных в полу по периметру кабины; выдвижная лебедка для спуска грузов, расположенная на стене, за которой находится кабина пилота; при необходимости – отверстие в полу $0,46 \times 0,7$ м и четыре точки крепления вокруг него (рис. 8, 9) (для спуска грузов), однако, для повышения прочности конструкции тренажера, данный элемент можно обозначить, но не предусматривать.



Рис. 8. Вариант точек крепления в вертолете

Важным конструктивным элементом для отработки десантирования являются двери. У вертолета МИ-8 двери расположены с двух сторон в зависимости от условий, выход и десантирование может осуществляться как с одной стороны, так и с другой, а также с обеих дверей одновременно и из люка в полу кабины. Двери имеют разные габаритные размеры: левая по направлению полета дверь 0,82x1,4 м, тогда как правая – вдвое меньше. В тренажере не обязательно располагать их с разных сторон, важна отработка самих габаритов, поэтому целесообразно расположить их рядом таким образом, чтобы обеспечить необходимое расстояние для сдвижения створок [26].



Рис. 9. Отработка спуска через люк

Имитация конструктивных элементов вертолета типа Ка-27(32) значительно проще, поскольку сам вертолет меньше. Отсюда и возникает основная сложность – перемещение внутри кабины. Поскольку высота не превышает 1,3 м, личный состав располагается внутри кабины, осуществляя подготовку к десантированию с положения сидя на коленях. Максимальная вместимость вертолета – до 16 человек, грузоподъемность – 5 000 кг. Ка-27(32) имеет всего одну дверь, которая расположена слева по борту по направлению полета, размерами 1,2x1,2 м.

Одним из целесообразных вариантов создания тренажерного комплекса является использование списанных корпусов вертолетов основных типов. Также можно рассмотреть вопрос об использовании акустических установок для имитации шума работающего вертолета.

Сложными этапами десантирования [23, 25] традиционно считаются выход из воздушного судна и приземление на различные поверхности. Для отработки приземления на грунт, рыхлую землю, воду, покатые крыши зданий и т.п. рекомендуется предусмотреть переносной короб размерами 2x2 м, который можно располагать в зоне приземления обучаемого и в зависимости от задания, наполнять песком, землей, камнями и другими видами наполнителя. Крышку короба необходимо предусмотреть двустворчатой для отработки приземления на здания, чтобы путем поднятия створок под разным углом регулировать крутизну имитируемой крыши.

Кроме тренажеров профессиональной подготовки и ее контроля имеется огромное разнообразие общефизических тренажеров, упражнения на которых широко используются при подготовке спасателей, поскольку они дают возможность избирательного и эффективного воздействия на многие мышечные группы с целью улучшения их функционального состояния, развития силы и силовой выносливости, придания им тонуса. Это достигается возможностью фиксации целесообразных исходных положений и строгой выверенностью движений по направлению, амплитуде, весу отягощения к положению тела во время десантирования

и правилам работы с веревкой. Для этих целей предлагается под одной из тренировочных площадок разместить две точки крепления, на которые подвесить ролики. Через ролик пропускается динамическая веревка, свободный конец проходит через страховочное устройство и выдается страхуемому, который регулирует длину (рис. 10).

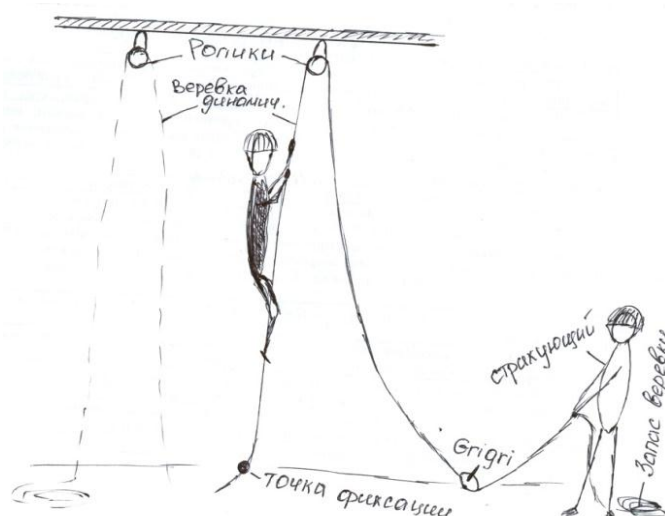


Рис. 10. Эскиз тренажера для отработки навыков подъема по веревке

Обучающийся поднимается по веревке при помощи ручного зажима «Жумар» или фиксирующего узла и как только доходит до верхней точки, страхующий выдает ему веревку. Отработка продолжается до тех пор, пока не пройдена вся длина веревки. Подъем также можно осуществлять при помощи двух параллельных веревок.

Внедрение тренажерного комплекса позволит:

- 1) осуществлять подготовку спасателей круглый год при любых метеоусловиях;
- 2) достичь существенной экономии денежных средств, топлива и моторесурса вертолетной техники;
- 3) повысить готовность спасательных подразделений к выполнению задач с проведением десантирования с основных типов вертолетов на различные виды необорудованных площадок;
- 4) дополнительно мотивировать сотрудников спасательных формирований на поддержание хорошей физической формы;
- 5) повысить слаженность аварийно-спасательных формирований в ходе совместных тренировок.

Литература

1. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (с изм. и доп.): постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Федеральные авиационные правила поиска и спасания в Российской Федерации (в ред. постановления Правительства Рос. Федерации от 17 дек. 2009 г. № 1033, от 25 янв. 2011 г. № 17). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Об утверждении Федеральных авиационных правил поиска и спасания в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 июля 2008 г. № 530. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. О Единой системе авиационно-космического поиска и спасания в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 23 авг. 2007 г. № 538 (в ред. от 17 дек. 2009 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. О некоторых вопросах аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя: постановление Правительства Рос. Федерации от 22 дек. 2011 г. № 1091 // ЭЛЕКТРОННЫЙ

- ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 14.11.2017).
6. Федеральные авиационные правила: Требования к проведению обязательной сертификации физических лиц, юридических лиц, выполняющих авиационные работы. Порядок проведения сертификации (утв. Приказом Минтранса Рос. Федерации от 23 дек. 2009 г. № 249). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
7. О применении в системе МЧС России Наставления по парашютно-спасательной и десантной подготовки авиации Вооруженных сил РФ: Приказ МЧС России от 11 окт. 2001 г. № 442.
8. Об утверждении инструкции по применению авиации МЧС России: Приказ МЧС России от 20 нояб. 2003 г. № 700. URL: <http://19.mchs.gov.ru/document/1383975> (дата обращения: 14.11.2017).
9. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ. URL: http://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378563 (дата обращения: 06.03.2018).
10. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Об определении мест дислокации поисковых и аварийно-спасательных сил и средств на территории Российской Федерации, общего количества и типов дежурных поисково-спасательных воздушных судов: Приказ Росавиации от 15 февр. 2013 г. № 74. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Об определении требований к структуре и содержанию инструкции по поиску и спасанию в зоне авиационно-космического поиска и спасания: Приказ Росавиации от 21 июня 2011 г. № 350. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
13. Об утверждении требований к структуре и содержанию инструкции экипажу поисково-спасательного воздушного судна, наземной поисково-спасательной команде, спасательной парашютно-десантной группе и Порядка передачи информации о воздушном судне, терпящим или потерпевшем бедствие, в авиационный координационный центр поиска и спасания: Приказ Федеральной аэронавигационной службы от 5 июня 2009 г. № 123. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
14. Организационно-методические указания по подготовке органов управления и сил Службы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации (СПАСОП ГА) на 2004–2005 годы: письмо ГС ГА Минтранса РФ от 22 апр. 2004 г. № КР 28/369А. URL: <http://law.rufox.ru/view/19/93005180.htm> (дата обращения: 02.04.2018).
15. Техническое описание вертолета Ми-8.
16. Техническое описание вертолета Ми-8МТ.
17. Инструкция экипажу вертолета Ми-8.
18. Инструкция экипажу вертолета Ми-8МТ.
19. Инструкция экипажу вертолета Ка-27ПС.
20. Инструкция экипажу поисково-спасательного вертолета – 1984 г.
21. Техническое описание СЛГ-300.
22. Учебник спасателя / С.К. Шойгу [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: Советская Кубань, 2002. 528 с.
23. Десантная подготовка: учеб. пособие / А.Л. Шидловский [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 87 с.
24. На станции «Технологический институт» в Петербурге прогремел взрыв. URL: <https://www.pskov.kp.ru/daily/26661/3682699/> (дата обращения: 02.04.2018).
25. Чугунов В.И. Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов авиации. Организация авиационной службы поиска и спасания: учеб. пособие. СПб.: Акад. ГА, 2004. 106 с.
26. Инструкция по применению спусковых устройств СУР в системе МЧС России: Приказ МЧС России от 27 марта 1997 г. № 170. URL: <https://fireman.club/literature/instrukciya-po-primeneniyu-spuskovykh-ustrojstv-rolikovyx-su-r-v-sisteme-mchs-rossii/> (дата обращения: 02.04.2018).

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВИДЕОСИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

М.С. Крюкова;

А.Л. Шидловский, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Ш.С. Фахми, доктор технических наук.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук.

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

Рассмотрены метод, алгоритмы и основные функции для решения задач обнаружения, локализации и структуризации объектов изображений. Предложен алгоритм анализа космических снимков для выделения областей лесных пожаров. Исследованы алгоритмы анализа изображений на основе методов сегментации. Разработан и протестирован программный комплекс видеосистемы для автоматизированного обнаружения лесных пожаров с помощью изображений, полученных со спутников дистанционного зондирования Земли.

Ключевые слова: лесные пожары, видеосистема, дистанционное зондирование земли, мониторинг, обнаружение, анализ изображений, сегментация

THE ESTIMATION OF VIDEO SYSTEM QUALITY DETECTION OF FOREST FIRES

M.S. Kryukova; A.L. Shidlovsky.

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

Sh.S. Fahmi.

Solomenko institute of transport problems of the Russian Academy of sciences.

The first electrotechnical university (ETU)

The paper deals with the method, algorithms and basic functions for solving problems of detection, localization and structuring of image objects. The algorithm of the analysis of space images for allocation of areas of forest fires is offered. Algorithms of image analysis based on segmentation methods are investigated. The program complex of video system for automated detection of forest fires by means of images received from satellites of remote sensing of the Earth is developed and tested.

Keywords: forest fires, video system, remote sensing of the earth, monitoring, detection, image analysis, segmentation

Леса являются важным достоянием нашей страны, они богаты ресурсами и играют жизненно важную роль в сохранении и поддержании окружающей среды. Основной опасностью для лесов являются пожары, так как последствия лесных пожаров (ЛП) носят катастрофический характер. Ряд промышленно развитых стран выделили значительные ресурсы на изучение ЛП, их поведенческой динамики и тушения. Эта проблема порождает очень большой рынок систем и технологий дистанционного зондирования раннего обнаружения ЛП [1], который, как ожидается, вырастет на 11,53 % к 2020 г. [2].

В современном мире проблема космического видеонаблюдения и мониторинга за ЛП широко изучается как в Российской Федерации, так и за рубежом [3]. Ведутся научные исследования и разработки для решения задач обнаружения областей возгорания ЛП на ранних стадиях возникновения с целью своевременного предупреждения и предотвращения их дальнейшего развития [4].

В настоящее время мобильные устройства являются наиболее распространенными и современными вычислительными платформами, в них доминирует ARM-архитектура. Эта архитектура позволила решать сложнейшие задачи машинного обучения и видеоанализа. При этом большое число новых областей мобильных приложений в значительной степени зависит от методов и технологий машинного обучения; в частности, появление нейронных сетей [5], которые сыграли важную роль в продвижении прогресса в решении таких научных проблем искусственного интеллекта, как построение единого информационного пространства интеллектуальной мультимодальной системы [6].

Другой важный фактор – появление технологии «система на кристалле» с репрограммируемой логикой, которая позволила обрабатывать десятки миллиардов операций линейной алгебры в секунду и привела к революционным изменениям не только в микроэлектронике, но и в области видеосистем на кристалле для решения задач наблюдения и мониторинга в реальном времени [7, 8]. Благодаря программированию в устройствах вычислительной техники и появлению эффективных структур в плане структуризации и анализа видеоинформации стало возможным внедрение в системы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) новой компонентой базы для инфраструктуры пожарной безопасности [8]. Данный подход характеризуется эффективным внедрением технологии «система на кристалле» и разработкой сложно-функциональных (СФ) блоков (IP cores – англ. intellectual property) в составе интеллектуальных (с компьютерным зрением) видеосистем анализа и передачи в реальном времени [8, 9], чему посвящена данная статья.

Главные преимущества использования интеллектуальных видеосистем на кристалле (ИВСнК) в задачах наблюдения и обнаружения чрезвычайных ситуаций (ЧС):

- а) обнаружение возгорания на ранних стадиях;
- б) обнаружение огня, дыма и направления ветра;
- в) прием, анализ и передача сжатой видеоинформации о координатах и уровнях ЛП;
- г) использование двух видеокамер и более позволяет определять расстояние и фиксировать места возгорания в лесу с максимальной точностью;
- д) передача сжатых видеоданных в единый мониторинговый центр в реальном времени.

ИВСнК с элементами искусственного зрения состоит из параллельных высокопроизводительных цифровых КМОП-камер, работающих на четырех каналах ввода изображений в вычислитель. А также содержат в своем составе встроенные программируемые СФ-блоки анализа и распознавания ЛП, обеспечивающие возможность оперативно решать задачи аналитики и передачи тревожных сигналов в реальном времени.

Можно выделить следующие задачи ИВСнК обнаружения и анализа пожаров и их последствий, решаемые в данной работе:

- детектирование и контроль развития ЛП;
- расчет основных информационных показателей качества ИВСнК (сложность и скорость передачи) с минимизацией ошибки восстановления.

Для решения данных задач предложены метод и алгоритмы обнаружения и передачи видеоинформации о ЛП.

Описание метода выделения лесных пожаров

На практике наиболее распространенным представлением цвета, используемым в цифровых камерах для создания цифрового изображения и отображения видеоданных, является RGB (G – зеленый, B – синий и R – красный) модель, где каждый пиксель описывается тройкой компонентов RGB. Эти компоненты представляют красную, зеленую и синюю составляющие каждого пикселя. Смешивая эти цвета, можно получить дополнительные цвета [10]. Согласно стандарту RGB для кодирования цвета каждого пикселя выделяется по 24 бита (3 байта) – 8 бит для значения красного, 8 бит – для значения зеленого цвета и 8 бит – для значения синего цвета. Поскольку любое значение яркостей пикселя для каждого цвета варьируется в интервале [0–255], то для каждого из цветов имеется 256 градаций оттенков красного, зеленого и синего. Следовательно, известный RGB-стандарт имеет $256 \cdot 256 \cdot 256 = 16777216$ градации интенсивности всех цветов. Кроме данного стандарта

реализован алгоритм обнаружения и выделения контура с использованием модели HSL. Конвертация из RGB в цветовую модель HSL:

$$\text{HSL} = \begin{cases} V, & G \geq B \\ 2\pi - V, & G < B \end{cases}, V = \cos^{-1} \left(\frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2(R - B)(G - B)}} \right)$$

$$S = 1 - 3[\min(R, G, B)] / (R + G + B), I = (R + G + B) / 3$$

Преобразование цвета из одной системы в другую производится на основе соответствующих соотношений в векторном пространстве цветов, где: G, B, R – величины яркостей в цветовом пространстве GBR, величина в интервале $[0; 1]$; $\min$ – минимум из трех величин (R, G, B); H – тон $[0-360]$; S – интенсивность (или насыщенность) $[0; 1]$; L – светлота $[0; 1]$.

Другой важной задачей ДЗЗ при анализе объектов с помощью изображений, полученных со спутников ДЗЗ, является пороговая сегментация – разделение объекта от фона по порогу. Пороговую сегментацию можно разделить на метод локального порога и метод глобального порога. Метод глобального порога делит изображение на две области целевого объекта и фона по одному порогу [11]. Метод локального порога должен выбрать несколько порогов сегментации и разделить изображение на несколько целевых областей и фонов по нескольким порогам. Локализация области ЛП и определение его параметров (цвет координаты, размер, уровень, площадь, периметр (контур) и др.) связана с формированием множества соседних пикселей, имеющих одни и те же признаки (свойства).

В работе используется два способа сегментации разделением по порогу (thresholding) и с применением К-средней кластеризации. Оценка показателей качества видеосистемы обнаружения ЛП осуществляется путем сравнения яркостей пикселей с заданным порогом. В зависимости от результата сравнения выполняется группировка и формирование двух файлов: файл ЛП и файл фона.

Данный подход может применять несколько порогов для выделения на изображениях нужных областей [12]. Следовательно, решение задачи автоматического выделения областей пожаров заключается в правильном выборе пороговых значений областей горения на изображениях в различных природных условиях и определение направления ветра на основе анализа и вычисления анизотропии соответствующих областей дыма (рис. 1 а). А также необходимо выполнить обработку исходных визуальных данных с учетом технических факторов съемочной аппаратуры (тип съемочной аппаратуры, способ управления процессом съемки; ориентация оси съемочной аппаратуры и пр.), получаемых на предварительном этапе съемки.

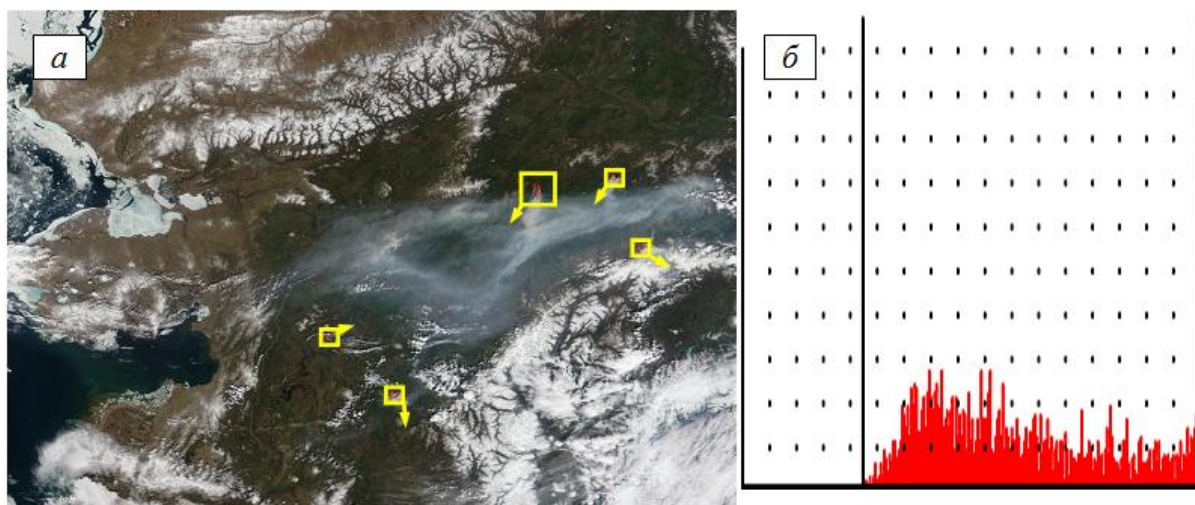


Рис. 1. Космический снимок а) с результатами обнаружения пожаров и направления ветра; б) определение величин порогов с помощью гистограммы яркостей

Определение координат ЛП осуществляется с помощью гистограммы яркостей красной составляющей цвета пикселя путем формирования двух порогов (рис. 1 б):

а) минимальный порог, позволяющий определить максимально охваченную область пожаром;

б) максимальный порог, позволяющий фиксировать центр пожара.

Данный алгоритм основан на предположении, что пожаром является любой пиксель, у которого интенсивность красной составляющей цвета больше значений компонентов зеленой и синей.

Пиксели, которые образуют очаг пожара, имеют наибольшую интенсивность доминирующей красной составляющей цвета (значение этой интенсивности фиксируется максимальным порогом). Минимальным порогом соответственно считаем наименьшую интенсивность доминирующего красного цвета. Алгоритм обнаружения в процессе обработки космического снимка фиксирует эти два порога с возможностью управления выводом информации о начальных стадиях пожара параллельно с вычислением занимаемой площади для каждого уровня. При этом в программе предусмотрена дополнительная функция для определения статистических показателей характеристик локальных областей пожаров.

Алгоритм обнаружения и обработки ЛП

В целях обеспечения своевременного обнаружения ЛП необходимы:

а) подготовка и инициализация параметров видеоинформационной системы ДЗЗ;

б) обеспечение связи с наземными службами МЧС России;

в) исследование и разработка соответствующих сложно-функциональных блоков в составе ИВСнК на основе схем с реконфигурируемой логикой;

г) исследование и разработка алгоритмов приема, анализа и передачи видеоинформации в реальном времени [13].

Алгоритм обнаружения и исследования ЛП включает следующие основные этапы (рис. 2):

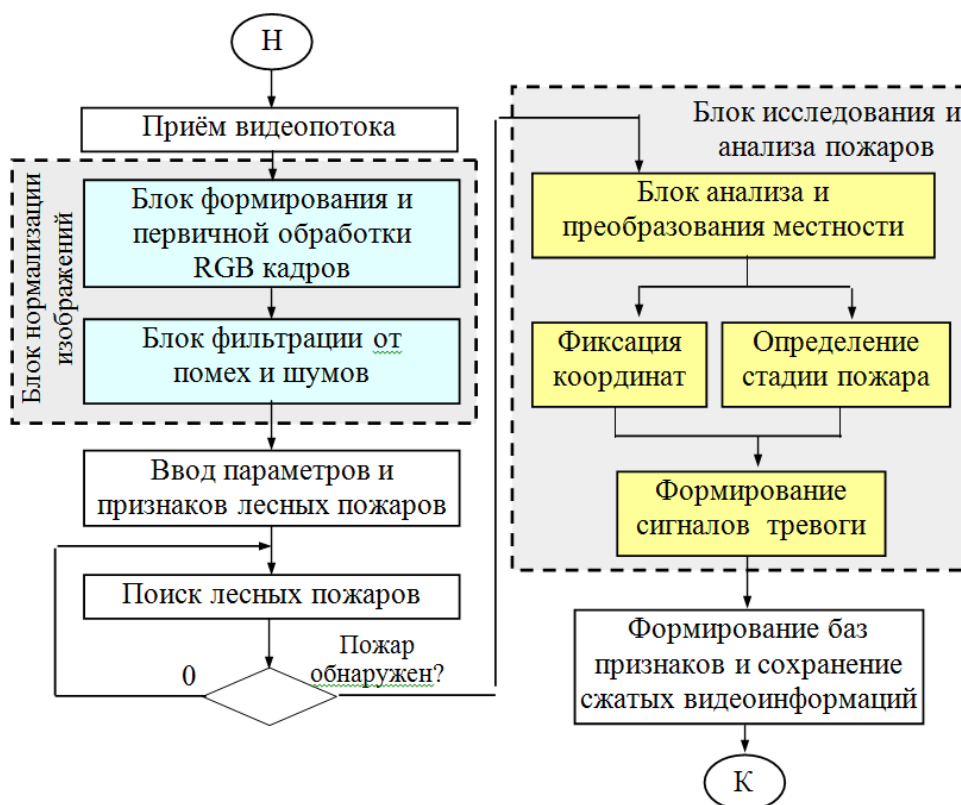


Рис. 2. Обобщенная Блок-схема алгоритма обнаружения и анализа ЛП

- 1) прием, подготовка и инициализации параметров видеоинформационной системы обнаружения ЛП;
- 2) блок формирования и первичной обработки видеоданных;
- 3) блок фильтрации от помех и шумов;
- 4) исследование и структурирование объектов изображений для формирования набора признаков, параметров и характеристик ЛП с учетом специфики космических снимков;
- 5) блок анализа и исследования пожаров – данный блок является основным и содержит главные функции, позволяющие определить координаты и уровень обнаруженного пожара;
- 6) формирование видеоданных.

Процедура и порядок выполнения предупредительных (профилактических) противопожарных мероприятий, а также режим работы центров мониторинга и служб в зависимости от степени пожарной опасности в лесах по условиям погоды изложены в Указаниях по противопожарной профилактике в лесах и регламентации работы лесопожарных служб.

Следует отметить, для обнаружения и контроля за состоянием и динамикой развития ЛП используется информация, получаемая, как набор видеопоследовательности от искусственных спутников земли (ИСЗ).

Функции программного комплекса обнаружения ЛП

Блок обнаружения, исследования и анализа ЛП на основе технологии «система на кристалле» включает следующие основные функции:

1. Выделение контуров. Одна из главных функции предложенного программного комплекса выполняет выделение и оценку контуров требуемых объектов (в том числе и перекрывающихся), имеющих выпуклую форму [14]. Эта функция выполняется в три этапа:

- предварительная обработка изображения;
- извлечение контуров;
- оценка контура (площадь и периметр ЛП).

Первый шаг состоит в идентификации объектов, второй приводит к сгруппированным наборам видимых точек контура для каждого ЛП, а последний шаг фокусируется на получении полного контура ЛП. При этом фильтрация осуществляется с применением импульсного отклика высокой частоты h . Пример работы показан на рис. 3 [10].

$$f(x,y)=\sum\sum F(k_1,k_2)H(x-k_1+1, y-k_2+1),$$

где одна из типичных масок для выполнения высокочастотной фильтрации используется:

$$H_1=\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -2 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, H_1=\begin{bmatrix} 0 & -3 & 0 \\ -3 & 13 & -3 \\ 0 & -3 & 0 \end{bmatrix}, H_1=\begin{bmatrix} 0 & -2 & 0 \\ -2 & 9 & -2 \\ 0 & -2 & 0 \end{bmatrix},$$

причем сумма элементов матрицы всегда должна быть равна единице.

2. Сегментация изображений. Данная функция позволяет работать в двух форматах изображений ЛП: цветные и черно-белые изображения, где связь между ними определяется формулами:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299R + 0,587G + 0,114B; \\ CB &= 0,5 - 0,168736R - 0,331264G + 0,5B; \\ CR &= 0,5 + 0,5R - 0,418688G - 0,081312B. \end{aligned}$$

При работе с цветными изображениями вычисление цвета пламени (желтый и красный) возможно, а при работе с компонентой (Y) трудно добиться разделения лесного пламени, Cr – это разность между красной составляющей и яркостью. Применение метода кластеризации (по алгоритму К-средних), изображение ЛП становится более четким и с явными чертами. Cb – разница между голубой компонентой и яркостью, также может иметь влияние при сегментации ЛП.

Результаты показывают, что в области пожара сегментация пламени возможна (значение компоненты Cr превышает 140), однако при наличии шумовых помех изображение пламени приобретает желтый цвет из-за почвы (компонента $Cr=140-155$) и оранжевый при закате (компонента Cr между 170–195), что приводит к возможному ошибочному обнаружению. Пороговая сегментация при выделении ЛП анализирует яркостей всех пикселей изображения. Те точки исходного изображения, которые имеют яркость меньше заданного порога, считаются принадлежащими ЛП, а те, которые больше, считаются фоном.

3. Вероятностное дискретно-временное моделирование процесса возникновения и распространения ЛП и заключается в разработке имитационной модели в виде сетки деревьев размером $N \times N$ с тремя возможными состояниями для каждого дерева:

- а) целые (зеленым цветом), в огне и сожженные;
- б) на начальной стадии пожара (желтым) и подлежащие тушению;
- в) деревья в огне (красным), требующие тушения и локализации;
- г) перегоревшие (черным) области сгоревшего леса.

4. Функция оценки риска и потерь используются для оценки того, насколько хорошо будет работать набор маршрутных точек (пикселей), сгенерированных на этапе моделирования процесса горения (рис. 3) и с учетом скорости распространения пожара и объем имеющихся ресурсов для тушения. Вероятностная дискретно-временная модель [15] используется для моделирования распространения лесного пожара (рис. 3). Моделирование ЛП представляет собой сетку деревьев размером $n \times n$ с тремя возможными состояниями для каждого дерева: здоровым, в огне и сожженным. Деревья, находящиеся на уровне начала возгорания, можно еще тушить, что снижает вероятность того, что огонь продолжит гореть. Параметры для этой модели выбраны таким образом, что лесной пожар, по прогнозам, сгорит не менее 90 % от общей площади леса. На рис. 3 показан пожар на различных итерациях, демонстрирующий, как будет распространяться огонь, где точка возгорания находится в центре леса.

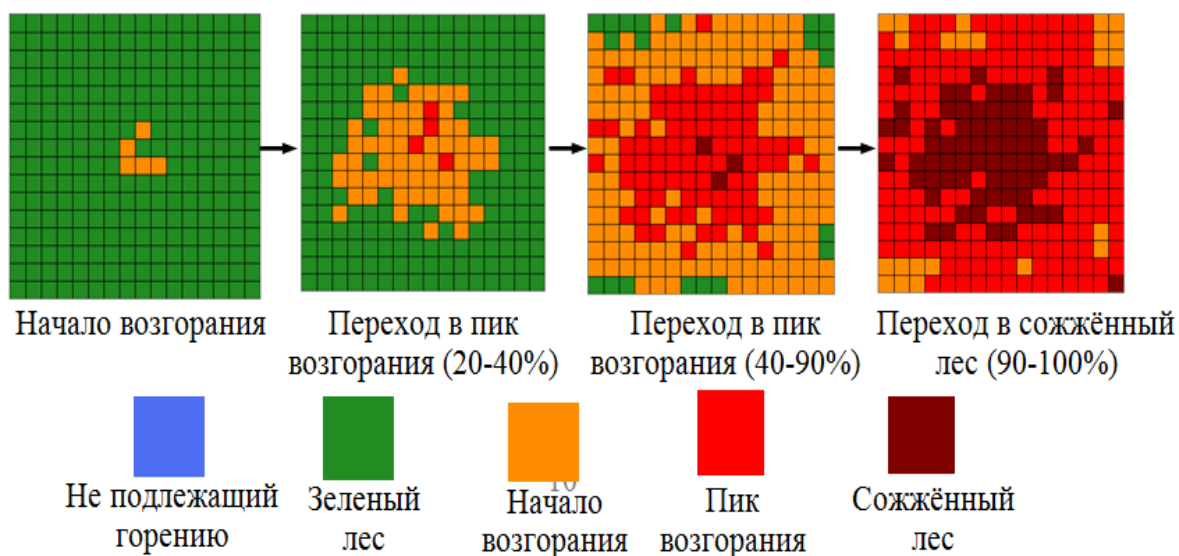


Рис. 3. Моделирование процесса распространения ЛП

5. Оценка статистических характеристик ЛП. По результатам проведенных исследований были вычислены значения основных характеристик сигналов изображений ЛП: автокорреляционная функция ($A\phi$), корреляционная функция поля (S), коэффициент (R) и радиус (r) корреляции и др. [13]:

$$A\phi(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{A \left(\iint [g(x, y) - \bar{g}] [g(x + \varepsilon_1, y + \varepsilon_2) - \bar{g}] dx dy \right)},$$

где A – площадь изображения по которой производится интегрирование, $g(x, y)$ – значение

яркости в точке с координатами (x, y) ; $\lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{A \left(\iint g(x, y) dx dy \right)}$ – математическое ожидание; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – смещение по осям x и y изображения, где рассчитывается корреляционная связь; $\bar{g}$ – среднее значение яркости.

Блок анализа также использует понятие площади корреляции S двумерного случайного поля $g(x, y)$ [13]:

$$S = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty \phi(x, y) dx dy}{\sigma^2}, \quad \phi(x, y), \text{ где } \sigma^2 - \text{ДИСПЕРСИЯ.}$$

$$r_x = \int \frac{\phi(\varepsilon_1, 0)}{\phi(0, 0)} d\varepsilon_1, \quad r_y = \int \frac{\phi(0, \varepsilon_2)}{\phi(0, 0)} d\varepsilon_2.$$

6. Определение числовых характеристик областей ЛП на изображениях. Такими числовыми характеристиками являются: среднее значение, модуль, медиана, центр и цвет пожара, стандартное отклонение и др.

7. Оценка показателей качества ИВСнК. Для применения программируемых структур и внедрения новой электронной компонентой базы в инфраструктуру пожарной безопасности необходимо определить количество требуемых операций для осуществления передачи видеoinформации о состоянии ЛП и соответствующих сигналов тревоги в центры МЧС России.

Результаты моделирования обнаружения и анализа ЛП

В начале исследования была разработана функция, определяющая область на изображении относительно указанного пикселя, удовлетворяющая заданному порогу яркости в диапазоне красной составляющей (рис. 1).

В результате было разработано программное обеспечение (рис. 4) ИВСнК на Windows Forms с помощью Visual C#, которое позволяет выполнить следующие функции:

- с помощью подсистемы автоматизированного определения очагов пожара (области красного, зеленого и синего цвета) на изображении реализовать автоматический поиск пожаров, где пожаром является любая точка, в которой количество красной составляющей цвета в палитре доминирующее;
- обеспечение многоуровневой детализации вывода видеoinформации о пожарах в зависимости от заданного порога;
- относительная оценка площади и ущерба от ЛП в зависимости от высоты и разрешения камеры.

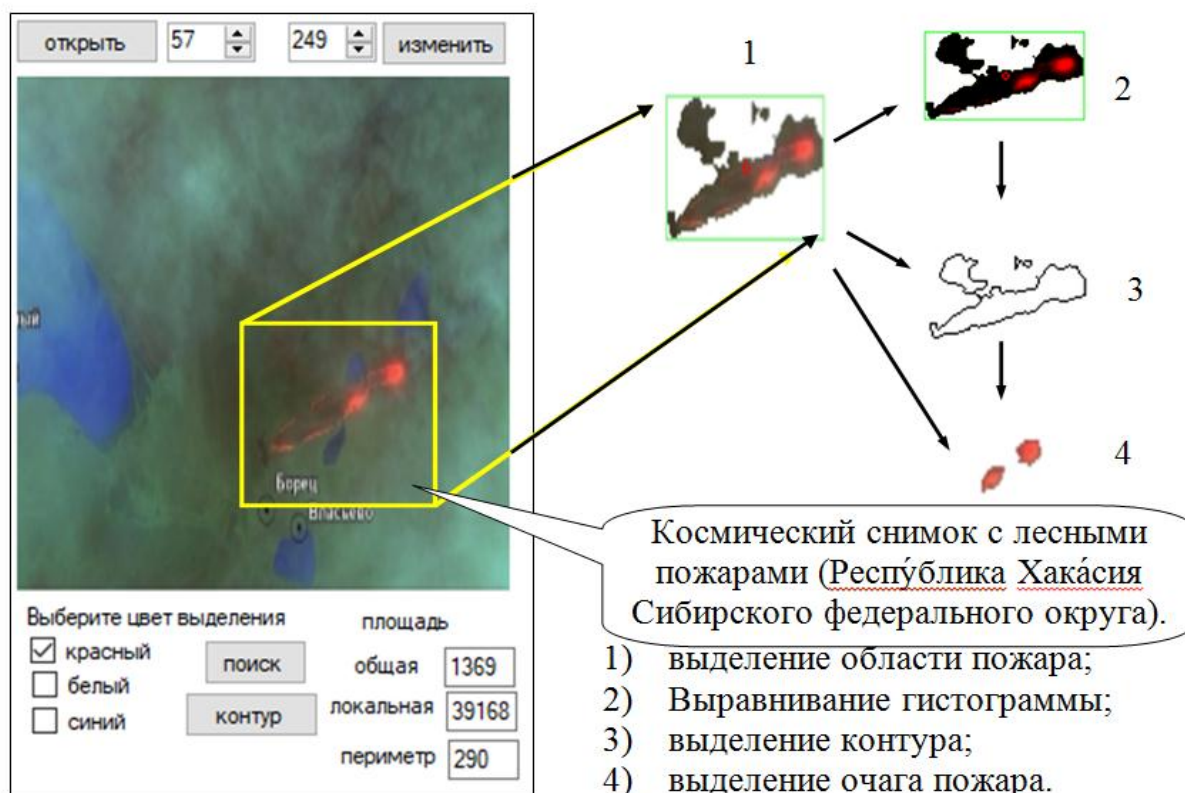


Рис. 4. Окно приложения обнаружения и анализа лесных пожаров

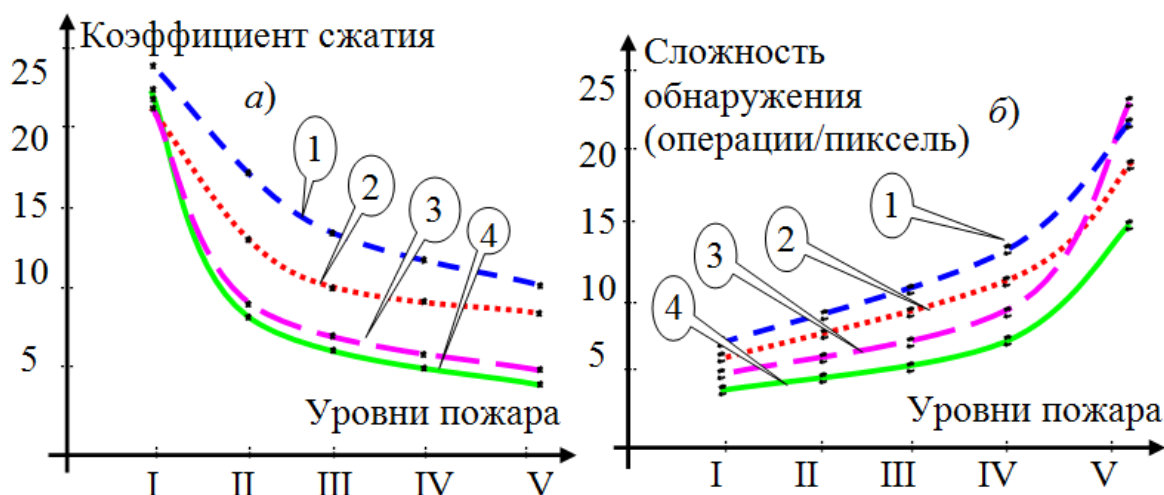
При реализации предложенных алгоритмов обработки космических снимков с целью обнаружения ЛП так же были получены характеристики ЛП (координаты очагов относительно начала отчета снимка, количество пикселей – площадь пожара, коэффициент ущерба в зависимости от площади и т.д.). А также найдены зависимости коэффициента сжатия и сложности алгоритмов обнаружения от уровней распространения пожаров (рис. 5).

Все эти характеристики являются важной информацией для служб МЧС России, которые при своевременной ликвидации пожара снижают ущерб, наносимый природе и человеку. В динамике важно так же предоставлять информацию о следах пожаров и возможном движении их по данным о лесном покрове в области снимка, метеоданных (ветер, температура, осадки).

Важно отметить, что система «СКАНЭКС» осуществляет оперативный мониторинг пожаров с 2004 г. Данные с полярно-орбитальных метеорологических спутников Terra, Aqua и NPP принимаются на собственную сеть станций в режиме реального времени [16, 17].

Глобальная система позиционирования (GPS) является системой расположения на основе созвездия около 24 спутников, вращающихся вокруг Земли на высоте около 11 000 миль. Спутники GPS находятся на достаточно высокой орбите, чтобы избежать проблем, связанных с наземными системами, но могут обеспечить точное позиционирование 24 ч в сутки, в любой точке мира. Автономные координаты определяются с помощью GPS спутниковых сигналов производят с точностью в диапазоне от 50 до 100 м [18, 19].

Важно отметить, что ВИСнК включает в себя датчики температуры воздуха и влажности почвы. Оба значения должны иметь высокие значения, чтобы пометить сигнал тревоги и чтобы избежать ложных тревог, вызванных факторами окружающей среды. А в случае тумана или дождя то эти факторы должны быть сообщены без пометки тревоги.



Алгоритмы обнаружения пожаров:

- 1) пирамидально-рекурсивный алгоритм обнаружения;
- 2) обнаружение выделением контуров;
- 3) обнаружение методом сегментации;
- 4) обнаружение с помощью гистограммы цветов и яркостей

Рис. 5. Зависимость коэффициента сжатия (а) и сложности алгоритмов обнаружения (б) от уровней распространения пожаров

Проведенное научное исследование по обнаружению ЛП на основе анализа снимков от искусственных спутников земли показало эффективность их внедрения при решении задач анализа и передачи видеоинформации. Разработанные метод и алгоритмы цифровой обработки изображений позволяют обнаружить и оценивать скорости распространения и возможного ущерба при обнаружении и локализации ЛП.

В заключении можно сделать следующие выводы:

1. Точные характеристики пожара являются важной информацией для служб МЧС России, позволяющие при своевременной передаче снижать ущерб, наносимый пожаром природе и человеку.

2. Расчет рисков и размер ущерба определяется за счет предоставления видеоинформации о следах пожаров и возможном направлении движения пожаров с учетом метеоданных (ветер, температура, осадки).

3. Программный комплекс видеосистемы на кристалле для обнаружения и анализа ЛП на снимках работает достаточно устойчиво и может практически не требовать контроля со стороны человека. При этом дальнейшее развитие комплекса считается возможным и позволит находить ближайшие водоемы для каждого из очагов пожара.

4. Полученные зависимости сложности устройств анализа и скорости передачи видеоинформации о возникновении и распространении ЛП позволяют эффективно реализовывать предложенные алгоритмы в виде сложно-функциональных блоков в составе интеллектуальных видеосистем на базе схем с программируемой логикой.

Литература

1. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Оптимизация числа БПЛА для мониторинга пожаров крупных лесных массивов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 3 (35). С. 3–9.

2. Rui V.A., Pedro V. Forest Fire Finder – DOAS application to long-range forest fire detection // Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union. Atmos. Meas. Tech. 2017. 10. Pp. 2 299–2 311.
3. Zuoning W., Pengfei L., Tiejun C. Research on forest flame recognition algorithm based on image feature // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XLII-2/W7, 2017. ISPRS Geospatial Week 2017, 18–22 September, 2017. Pp. 925–928.
4. WANG Yu-bin. Study on fire smoke detection technology based on image type [J] // Fire Science and Technology. 2014. 33 (9). Pp. 1 052–1 055.
5. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. М., 2003.
6. Малыгин И.Г., Комашинский В.И., Иванов А.Ю. Концепция построения единого информационного пространства интеллектуальной мультимодальной транспортной системы // Транспорт Российской Федерации. 2016. № 6 (67). С. 24–28.
7. Систематизация алгоритмов нахождения и кодирования опорных точек изображений / Ш.С. Фахми [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2017. Вып. 3. С. 15–20.
8. Видеосистемы на кристалле селекции объектов на примере обнаружения лесных пожаров / Ш.С. Фахми [и др.] // Телевидение: передача и обработка изображений: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. С. 106–113.
9. Фахми Ш.С., Алексеенко Я.В. Использование геоинформационных систем космического мониторинга МЧС России в пожароопасный период // Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования земли: тезисы докладов IV Междунар. науч.-техн. конф. М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. С. 155–156.
10. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. 1 104 с.
11. Weakly-and semi-supervised learning of a DCNN for semantic image segmentation[J] / G. Papandreou [et al]. arXiv preprint arXiv:1502.02734, 2015.
12. Геосервис по лесным пожарам «Космоснимки». URL: <http://fires.kosmosnimki.ru> (дата обращения: 05.02.2018).
13. Систематизация алгоритмов нахождения и кодирования опорных точек изображений / Ш.С. Фахми [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2017. Вып. 3. С. 15–20.
14. Zhong Ma.A., Zhang Y.L. Adaptive Multiobjective Memetic Fuzzy Clustering Algorithm for Remote Sensing Imagery. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2015. 53. P. 4 202–4 217.
15. Somanath A., Karaman S., Youcef-Toumi K. Controlling stochastic growth processes on lattices: Wildfire management with robotic fire extinguishers // In 53rd IEEE Conference on Decision and Control. 2014. Dec. Pp. 1 432–1 437.
16. Гуляев П.Ю., Долматов А.В., Иордан В.И. Адаптивный алгоритм обучения байесовского нейросетевого классификатора информационных кластерных структур в спектрально-анализируемых изображениях // Нейроинформатика и ее приложения: материалы XIII Всерос. семинара / под ред. А.Н. Горбаня, Е.М. Меркеса. Красноярск: ИВМ СО РАН, 2005. С. 29–30.
17. Белоглазов И.Н., Джанджгава Г.И., Чигин Г.П. Основы навигации по геофизическим полям. М.: Наука, 1985.
18. Praveenchakkaravarthy S., Nancy J., NaveenKumar V.S., NeethiNarayanan, Pavithra R. Forest fire detection system // International Journal of Recent Trends in Engineering. 2017. Pp. 99–102.
19. MODIS. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/news/> (дата обращения: 02.04.2018).

МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

С.А. Воднев;

А.В. Максимов, кандидат технических наук;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена математическая модель оценки процесса технического обеспечения подразделений МЧС России, которая позволяет формализовать и численно определить значения коэффициентов исправности и готовности аварийно-спасательных средств к решению задач по предназначению. Разработана модель экономических затрат, позволяющая проводить анализ влияния выделенных финансовых средств по программам технического обеспечения и оснащения аварийно-спасательных служб на показатели готовности и исправности аварийно-спасательных средств.

Ключевые слова: аварийно-спасательные средства, модель затрат, исправность, готовность, силы и средства, комплексная оценка

INTEGRATED MODEL ASSESSMENT PROCESS TECHNICAL SUPPORT EMERGENCY SEARCH AND RESCUE UNITS OF EMERCOM OF RUSSIA

S.A. Vodnev; A.V. Maksimov; A.V. Matveev.

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

The paper proposes a mathematical model of evaluation of the technical support units of the Ministry of emergency situations of Russia, which allows to formalize and numerically determine the values of the coefficients of serviceability and readiness of rescue vehicles to solve problems for the purpose. A model of economic costs is developed, which allows to analyze the impact of the allocated funds on the programs of technical support and equipment of emergency services on the indicators of readiness and serviceability of emergency funds.

Keywords: emergency and rescue means, cost model, serviceability, readiness, forces and means, comprehensive assessment

Одной из основных задач любого государства является социально-экономическое развитие, где определяющим фактором является качество и уровень жизни ее населения, в том числе и обеспечение их безопасности. Вопросы, связанные с безопасностью граждан в Российской Федерации, решают различные ведомства: Министерство обороны, Национальная гвардия, МВД, МЧС России и другие путем выполнения программ, разработанных Правительством Российской Федерации (Федеральные целевые программы, Государственный оборонный заказ и т.д.). Но в связи со складывающейся экономической обстановкой актуализируются вопросы оптимизации расходов, предполагающие корректировку порядка финансирования тех или иных программ, сохраняя при этом высокий уровень безопасности проживания граждан.

По данным МЧС России, несмотря на положительную динамику уменьшения количества чрезвычайных ситуаций (ЧС), материальный ущерб ежегодно составляет около 15 млрд руб. [1, 2]. Эффективность деятельности подразделений МЧС России по ликвидации ЧС (в том числе на транспорте) и пожаров, спасению людей, материальных ценностей, особенно на критически важных и потенциально опасных объектах находится в прямой

зависимости от уровня технического состояния и укомплектованности аварийно-спасательными средствами [3]. В целях повышения готовности реагирования сил и средств в МЧС России реализуются программы переоснащения современными образцами техники и оборудования. Полнота и качество выполнения программы напрямую влияет на уровень готовности сил и средств к предупреждению и ликвидации ЧС.

При этом на этапе обоснования программы переоснащения решаются такие основные задачи как: формирование единой системы исходных данных, оценка технического состояния системы вооружения, генерация множества возможных вариантов и выбор из них рационального, который и будет являться основой для принятия решения. Решение данных задач предполагает использование научного подхода с применением методов моделирования.

Начальным этапом решения данных является разработка модели процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России.

Проведенный авторами анализ [4–6] показывает, что к настоящему времени фактически отсутствуют научно-методические средства, позволяющие научно обосновывать управленческие решения по формированию мероприятий технического оснащения и обеспечения подразделений МЧС России на определенный плановый период в интересах оптимизации материальных и экономических затрат.

Формализация процесса технического обеспечения аварийно-спасательных средств подразделений МЧС России

Рассмотрим подразделение МЧС России, которое включает в себя L различных типов аварийно-спасательных средств численностью M_l , $l \in \overline{1, L}$, используемых для решения задач по предназначению. В соответствии с инструкцией по организации материально-технического обеспечения, утвержденной Приказом МЧС России от 18 сентября 2012 г. № 555 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», каждое аварийно-спасательное средство (АСС) может относиться к одной из пяти категорий (рис. 1).



Рис. 1. Категории аварийно-спасательных средств МЧС России

В соответствии с существующими категориями каждая единица АСС может находиться в одном из следующих возможных состояниях:

S_1 – АСС исправно, находится на хранении в подразделении. Под хранением понимается проверка и апробирование закупленного, нового и только поступившего в подразделение АСС;

S_2 – АСС исправно или в рабочем состоянии, находится на дежурстве в подразделении МЧС России;

S_3 – АСС исправно или в рабочем состоянии, находится на выполнении служебных задач;

S_4 – АСС неисправно (в нерабочем состоянии), находится на техническом обслуживании (технический осмотр ТО-1, ТО-2 и т.д., в том числе и сезонное ТО) или на текущем ремонте;

S_5 – АСС неисправно (в нерабочем состоянии), находится на среднем ремонте;

S_6 – АСС неисправно (в нерабочем состоянии), находится на капитальном ремонте;

S_7 – АСС неисправно (в нерабочем состоянии), находится на списании или утилизации.

Под исправным состоянием АСС будем понимать такое состояние, при котором запас технического ресурса и его технические параметры находятся, согласно регламентирующим документам, в установленных допусках. Рабочее состояние означает то, что некоторые параметры АСС подразделения МЧС России не соответствуют установленным допускам, но не влияют на его функционирование. Если средство подразделения МЧС России сломалось или вышло из строя, то тогда его считаем неисправным и эксплуатацию необходимо прекратить с дальнейшим техническим освидетельствованием, где АСС либо подлежит ремонту (капитальному, среднему или текущему) для восстановления технического ресурса, либо списанию и далее утилизации.

Переход из одного состояния в другое (рис. 2) осуществляется в результате наступления определенных событий (поступление нового АСС в подразделение МЧС России, вызов на происшествие или чрезвычайную ситуацию, отказ АСС, восстановление АСС в результате ремонта и др.). Предполагается, что все переходы между состояниями каждой единицы АСС происходит под действием пуассоновских потоков, суть и содержание которых будет рассмотрено ниже.

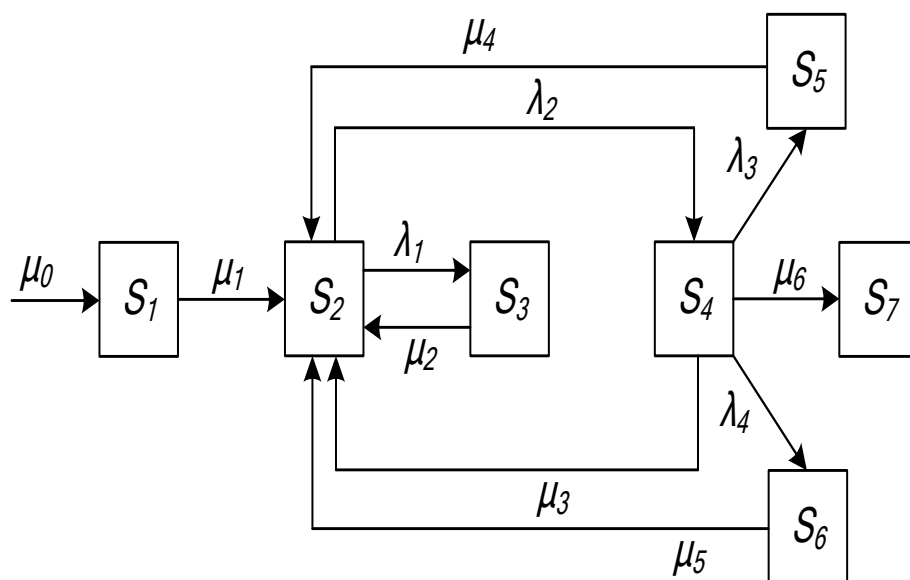


Рис. 2. Граф состояний аварийно-спасательного средства

В соответствии с графом состояний, представленным на рис. 2, и применения метода динамики средних [7] оказалось возможным сформировать систему дифференциальных уравнений для средней численности АСС, находящихся в состояниях описанных выше:

$$\sum_{i=1}^6 m_i^l(t) = M_l(t)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dm_1^l(t)}{dt} = \mu_0(t) - \mu_1 m_1^l(t) \\ \frac{dm_2^l(t)}{dt} = \mu_1 m_1^l(t) + \mu_2 m_3^l(t) + \mu_3 m_4^l(t) + \mu_4 m_5^l(t) + \mu_5 m_6^l(t) - (\lambda_1 + \lambda_2) m_2^l(t) \\ \frac{dm_3^l(t)}{dt} = \lambda_1 m_2^l(t) - \mu_2 m_3^l(t) \\ \frac{dm_4^l(t)}{dt} = \lambda_2 m_2^l(t) - (\lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \mu_3) m_4^l(t) \\ \frac{dm_5^l(t)}{dt} = \lambda_3 m_4^l(t) - \mu_4 m_5^l(t) \\ \frac{dm_6^l(t)}{dt} = \lambda_4 m_4^l(t) - \mu_5 m_6^l(t) \\ \frac{dm_7^l(t)}{dt} = \lambda_5 m_4^l(t) \end{array} \right. , \quad (1)$$

где $m_1^l, \dots, m_7^l$ – средняя численность АСС, находящихся в состояниях $S_1, \dots, S_7$; λ_1 – частота возникновения происшествий или ЧС на территории, закрепленной за подразделением МЧС России; λ_2 – интенсивность отказов АСС, требующих технического осмотра или ремонта; λ_3 – интенсивность передачи неисправных единиц АСС для проведения среднего ремонта; λ_4 – интенсивность передачи неисправных единиц АСС для проведения капитального ремонта; μ_0 – интенсивность поступления новых АСС в подразделение МЧС России; μ_1 – интенсивность апробирования новых АСС в подразделениях МЧС России и перевод их в режим использования; μ_2 – интенсивность вызовов АСС подразделения МЧС России на ликвидацию ЧС или иных происшествий; μ_3 – интенсивность восстановления АСС после технического обслуживания или текущего ремонта; μ_4 – интенсивность восстановления АСС при среднем ремонте; μ_5 – интенсивность восстановления АСС при капитальном ремонте; μ_6 – интенсивность списывания или утилизации АСС после технического осмотра.

Для определения коэффициентов готовности и исправности АСС подразделений МЧС России, необходимо знать динамику всех численностей состояний элементов. Интегрируя каким-либо численным методом систему дифференциальных уравнений (1), получим значение коэффициента исправности АСС вида l для каждого момента времени t :

$$K_{исп,l}(t) = \frac{m_1^l(t) + m_2^l(t) + m_3^l(t)}{m_1^l(t) + m_2^l(t) + m_3^l(t) + m_4^l(t) + m_5^l(t) + m_6^l(t) + m_7^l(t)} ;$$

значение коэффициента готовности АСС вида l к ликвидации ЧС и иных происшествий для каждого момента времени t :

$$K_{г,l}(t) = \frac{m_2^l(t)}{m_1^l(t) + m_2^l(t) + m_3^l(t)} .$$

Средние значения за весь плановый период времени T для каждой единицы АСС вида l :

$$\bar{K}_{исп,l}(T) = \frac{\int_0^T K_{исп,l}(t) dt}{T}; \quad \bar{K}_{г,l}(T) = \frac{\int_0^T K_{г,l}(t) dt}{T}.$$

Комплексные значения коэффициентов готовности и исправности для всех L видов АСС подразделения МЧС России можно определить следующим образом:

$$K_{исп}(t) = \sum_{l=1}^L \left(K_{исп,l}(t) \cdot \frac{M_l(t)}{\sum_{l=1}^L M_l(t)} \right); \quad K_{г}(t) = \sum_{l=1}^L \left(K_{г,l}(t) \cdot \frac{M_l(t)}{\sum_{l=1}^L M_l(t)} \right).$$

Оценка затрат на техническое обеспечение АСС

Каждый из переходов и состояний предполагает использование определенных финансовых, материальных или кадровых ресурсов [8, 9], которые в общем виде могут быть выражены в единой стоимостной шкале затрат.

Все затраты можно условно разделить на два типа: затраты на техническое обеспечение и оснащение АСС, а также текущие затраты, связанные непосредственно с их содержанием в подразделениях.

Рассмотрим сначала процесс формирования затрат на техническое обеспечение и оснащение АСС.

Будем описывать состояние системы технического обеспечения в момент времени t многомерным случайным вектором $\{W(t), m_1(t), m_2(t), \dots, m_7(t)\}$, где $m_i(t)$ – численность АСС, находящихся в состояниях $S_1, \dots, S_7$, а $W(t)$ – объем финансовых затрат на систему технического обеспечения за период времени t . Рассмотрим процесс изменения объема финансовых затрат в течение времени и сделаем ряд предположений о характере этих изменений. Расходы на техническое обеспечение и оснащение происходят в следующих случаях:

1. Закупка одной единицы образца технического средства. Будем предполагать, что поток поступления новых АСС – это обыкновенный пуассоновский поток с параметром μ_0 . Вероятность того, что за время Δt в подразделение МЧС России поступит новый образец АСС равна $\mu_0 \Delta t + o(\Delta t)$. Закупка каждой новой единицы АСС предполагает расходы в объеме ξ_0 , размер которых является случайной величиной с функцией распределения $F_0(\xi_0)$ и математическим ожиданием $M\{\xi_0\} = w_0$.

2. Будем считать далее, что по каждой единице АСС, находящейся в состоянии S_4 , осуществляется техническое обслуживание или текущий ремонт с интенсивностью μ_3 . На проведение технического обслуживания или текущего ремонта требуются средства ξ_3 , размер которых представляет собой случайную величину, имеющую функцию распределения $F_3(\xi_3)$ и математическое ожидание $M\{\xi_3\} = w_3$. Предполагаем, что данные расходы производятся независимо друг от друга. Таким образом, за время Δt расходы по данному направлению произойдут с вероятностью $m_4(t) \mu_3 \Delta t + o(\Delta t)$.

3. По каждой единице АСС, находящейся в состоянии S_5 , осуществляется средний ремонт с интенсивностью μ_4 . На проведение среднего ремонта требуются средства в объеме ξ_4 , представляющем собой случайную величину, функция распределения которой $F_4(\xi_4)$ и математическое ожидание $M\{\xi_4\} = w_4$. Данные расходы производятся независимо друг от друга, поэтому за время Δt расходы по данному направлению произойдут с вероятностью $m_5(t) \mu_4 \Delta t + o(\Delta t)$.

4. По каждой единице АСС, находящейся в состоянии S_6 , осуществляется капитальный ремонт с интенсивностью μ_5 . На проведение капитального ремонта требуются средства в ξ_5 , размер которых является случайной величиной с функцией распределения $F_5(\xi_5)$.

и математическим ожиданием $M\{\xi_5\}=w_5$. Аналогично предполагаем, что данные расходы производятся независимо друг от друга и поэтому за время Δt расходы по данному направлению произойдут с вероятностью $m_6(t)\mu_5\Delta t+o(\Delta t)$.

5. Каждая единица АСС, находящаяся в состоянии S_4 , отправляется на списывание или утилизацию после технического осмотра с интенсивностью μ_6 . Для этого требуются финансовые средства в размере ξ_6 , размер которых является случайной величиной с функцией распределения $F_6(\xi_6)$ и математическим ожиданием $M\{\xi_6\}=w_6$. Данные расходы производятся также независимо друг от друга, и за время Δt расходы по данному направлению произойдут с вероятностью $m_4(t)\mu_6\Delta t+o(\Delta t)$.

Рассмотрим далее динамику изменения расходов на техническое обеспечение и оснащение АСС подразделения МЧС России. Пусть в начальный момент времени t_0 планового периода $[t_0, t_0+T]$ размер расходов равен 0. Требуется определить размер финансовых расходов на конец планового периода. Разобьем отрезок $[t_0, t_0+T]$ на N частей длиной $\Delta t=T/N$, считая N достаточно большим. Пусть ΔW_i представляет собой изменение объема расходов на техническое обеспечение на j отрезке. Тогда согласно принятым выше допущениям и предположениям:

$$\Delta W_i = \begin{cases} \xi_0, \text{ с вероятностью } \mu_0 \Delta t dF_0(\xi_0) + o(\Delta t) \\ \xi_3, \text{ с вероятностью } m_4(t) \mu_3 \Delta t dF_3(\xi_3) + o(\Delta t) \\ \xi_4, \text{ с вероятностью } m_5(t) \mu_4 \Delta t dF_4(\xi_4) + o(\Delta t) \\ \xi_5, \text{ с вероятностью } m_6(t) \mu_5 \Delta t dF_5(\xi_5) + o(\Delta t) \\ \xi_6, \text{ с вероятностью } m_4(t) \mu_6 \Delta t dF_6(\xi_6) + o(\Delta t) \\ 0, \text{ с вероятностью } (1 - (\mu_0 + m_4(t)\mu_3 + m_5(t)\mu_4 + m_6(t)\mu_5 + m_4(t)\mu_6)\Delta t) + o(\Delta t) \end{cases} \quad (2)$$

и W_T можно представить в виде $W_T = \sum_{j=1}^N \Delta W_j$.

Так как $M\{\xi_1\}=w_1$, $M\{\xi_3\}=w_3$, $M\{\xi_4\}=w_4$, $M\{\xi_5\}=w_5$, $M\{\xi_6\}=w_6$, то при фиксированной реализации процесса $(m_1(t), m_2(t), \dots, m_7(t))$ согласно (2) имеем:

$$M\{\Delta W_i | m_i(t)\} = (\mu_0 w_0 + m_4(t)\mu_3 w_3 + m_5(t)\mu_4 w_4 + m_6(t)\mu_5 w_5 + m_4(t)\mu_6 w_6) \cdot \Delta t + o(\Delta t),$$

поэтому:

$$M\{W_T | m_i(t)\} = \sum_{j=1}^N (\mu_0 w_0 + m_4(t)\mu_3 w_3 + m_5(t)\mu_4 w_4 + m_6(t)\mu_5 w_5 + m_4(t)\mu_6 w_6) \cdot \Delta t + o(\Delta t).$$

Переходя к пределу $\Delta t \rightarrow 0$, получим:

$$M\{W_T | m_i(t)\} = \int_{t_0}^{t_0+T} (\mu_0 w_0 + m_4(t)\mu_3 w_3 + m_5(t)\mu_4 w_4 + m_6(t)\mu_5 w_5 + m_4(t)\mu_6 w_6) dt. \quad (3)$$

Для формирования текущих затрат, связанных с содержанием АСС в подразделениях МЧС России, свяжем с каждым из состояний S_i , $i = \overline{0,7}$, представленным на рис. 2, затраты в единицу времени:

$v_1(t)$ – затраты на содержание одной единицы АСС во время хранения;

$v_2(t)$ – затраты на содержание одной единицы АСС во время дежурства;

$v_3(t)$ – затраты, связанные с выполнением служебных задач одной единицей АСС.

Примем допущение, что затраты на содержание одной единицы АСС каждого вида в состояниях S_i одинаковы и линейно зависят от времени нахождения в данном режиме. В этом случае выражение для текущих затрат за период времени T примет следующий вид:

$$M \{V_T | m_i(t)\} = \int_{t_0}^{t_0+T} ((m_1(t) + m_4(t) + m_5(t) + m_6(t))v_1(t) + m_2(t)v_2(t) + m_3(t)v_3(t))dt.$$

Таким образом, суммарные затраты на поддержание готовности аварийно-спасательных технических средств к ликвидации ЧС и пожаров, спасению людей за весь плановый период $[t_0, t_0+T]$ можно определить следующим образом:

$$M \{Z_T | m_i(t)\} = M \{W_T | m_i(t)\} + M \{V_T | m_i(t)\}.$$

С учетом того, что в подразделениях МЧС России используются АСС различного вида, для каждого из которых могут быть различными значения интенсивностей отказов $\lambda_{2,3,4}$, вызовов на ЧС и другие происшествия λ_1 , средние значения затрат на техническое обеспечение и оснащение $w_{1,2,3,4}$, объемы текущих затрат $v_{1,2,3}$, то полученные выше выражения для каждого типа затрат предлагается рассчитывать по отдельности для различных видов аварийно-спасательных средств.

Общая сумма затрат для всех видов АСС, таким образом, будет представлять следующее выражение:

$$M \{Z_T^L | m_i^l(t)\} = \sum_{l=1}^L M \{W_T^l | m_i^l(t)\} + M \{V_T^l | m_i^l(t)\}.$$

Предложенная модель экономических затрат позволяет проводить анализ влияния выделенных финансовых средств по программам технического обеспечения и оснащения аварийно-спасательных служб на показатели готовности (K_G) и исправности ($K_{ИСП}$) АСС подразделений МЧС России.

Формализованную модель комплексной оценки можно применять как для анализа эффективности процесса технического обеспечения подразделений МЧС России, так и для оптимизации программ технического обеспечения и оснащения [10, 11] аварийно-спасательных служб, обеспечивая при этом требуемый уровень готовности и исправности АСС. Кроме того, представленная модель позволяет развивать научно-методические средства решения задачи планирования и управления финансовыми и материальными ресурсами МЧС России в целом.

Литература

1. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 11.09.2017).
2. Максимов А.В. Анализ оперативной деятельности подразделений ГПС МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 1 (13). С. 67–73.
3. Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Материально-техническое обеспечение мероприятий ГО и РСЧС: учеб. пособие / под ред. В.Ю. Радоуцкого. Белгород: Белгород. гос. техн. ун-т, 2011. 134 с.

4. Воднев С.А. Проблемы развития системы технического обеспечения подразделений МЧС России в интересах обеспечения пожарной безопасности // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2016. С. 274–277.
5. Воднев С.А., Артамонов В.С., Матвеев В.В. Анализ системы управления техническим обеспечением подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 125–130.
6. Матвеев А.В. Математическое моделирование оптимизации структуры арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 105–111.
7. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. М.: КНОРУС, 2013. 448 с.
8. Максимов А.В., Матвеев А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 62–68.
9. Топольский Н.Г., Сатин А.П. Методы и технологии повышения эффективности управления материально-техническим обеспечением противопожарной службы МЧС России // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2008. № 2. С. 74–83.
10. Чижиков Э.Н., Коровин Э.В. Анализ факторов и проблем создания и материально-технического обеспечения арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 9–10 (99–100). С. 27–31.
11. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 30–34.

МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

П.Д. Лещинский;

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

В.Ф. Щётка, кандидат военных наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен вопрос моделирования поддержки принятия решений для оценки рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на объектах водного транспорта. Приведена общая схема взаимодействия моделей реализации автоматизированных процедур анализа и оценки решения и предметной области планирования предотвращения чрезвычайных ситуаций на объектах водного транспорта для поддержки принятия решений.

Ключевые слова: модель, алгоритм, поддержка принятия решений, адаптация, должностное лицо, водный транспорт

MODEL OF DECISION SUPPORT FOR RISK ASSESSMENT OF EMERGENCY SITUATIONS OF NATURAL AND TECHNOGENIC CHARACTER ON OBJECTS OF WATER TRANSPORT

P.D. Leshchinsky; V.A. Onov; V.F. Shchetka.

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

Consider the modeling of decision support for risk assessment of emergency situations of natural and technogenic character on objects of water transport. The General scheme of interaction patterns implementing automated processes for the analysis and evaluation of decisions and substantive planning of prevention of emergency situations on objects of water transport to support decision-making.

Keywords: model, algorithm, decision support, adaptation, public officer, water transport

Риски возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах водного транспорта обуславливаются активным использованием водных акваторий, и это делает актуальной задачу по обеспечению безопасности населения от угроз природного и техногенного характера на рассматриваемых объектах, а также ликвидацию аварий с экологическими последствиями [1–3].

Модель реализации поддержки принятия решений для оценки рисков ЧС природного и техногенного характера на объектах водного транспорта является отражением системы поддержки принятия решений (СППР) и протекающих в них процессов принятия решений (ППР). Она представляет собой комплекс взаимосвязанных моделей.

Они предназначены для:

1) Осуществления воздействий на должностных лиц (ДЛ) Центра управления в кризисных ситуациях (ЦУКС), для того чтобы:

- усилить творческие возможности ДЛ при принятии решений по предотвращению ЧС на объектах водного транспорта и снижения вероятности допущения ошибок;
- корректировать допущенные ошибки и предотвратить их повторение;
- инкрементировать обучение ДЛ и снизить вероятность совершения ошибок в последующей работе на основании сведений об уровне подготовленности, качестве знаний и навыков конкретного ДЛ, особенностей его психики и темперамента;

2) адаптации процедур обнаружения отклонений, оказания воздействия и направления действий, для того чтобы повысить эффективность;

3) построения «эталонной сети решений» и оценивания на ее основе деятельности ДЛ ЦУКС в рамках процедур обнаружения отклонений и оказания влияния, определение порядка использования процедур и направления действий ДЛ на базе оценки.

Основываясь на идее, что анализ и оценка решения должны помочь ДЛ в процессе принятия решений использовать большее количество вариантов решений и тем самым получить более обоснованные результаты, предлагаемый для реализации в моделях подход базируется на нижеперечисленных утверждениях:

1) в моделях необходимо выделить способность использования процедуры обнаружения отклонений, оказания влияния и направления действий ДЛ Центра управления в кризисных ситуациях;

2) при воздействиях на ДЛ в рамках операций оказания влияния, вплоть до того, как он примет неверное решение, модели должны отображать способность включать элементы обучения, активизируемые перед выполнением задачи принятия решений (ПР) по предотвращению ЧС на объектах водного транспорта. Этот подход особенно значим, так как значительная часть ошибок определена неинформативностью данных и отсутствием знаний;

3) в моделях необходимо отобразить новые подходы, опирающиеся на научно-исследовательские технологии, к способам представления и визуализации предлагаемого варианта решения к использованию интерфейса непосредственной манипуляции;

4) модели должны отражать умение СППР обеспечивать взаимный, двухсторонний обмен идеями между ДЛ и СППР;

5) модель должна отражать способность к реализации выбора процедур, адекватных значениям параметров ДЛ и контексту планирования с помощью встраивания в модели возможностей по моделированию поведения ДЛ и реализации механизмов динамического фиксирования решений по предотвращению ЧС на объектах водного транспорта и планированию ликвидации их последствий;

6) модели должны основываться на методах фиксации и представления аналогий.

На основании представленных функций, изложенного подхода к построению системы поддержки ПР, разложение и общая схема взаимодействия моделей реализации автоматизированных процедур анализа и оценки решения и предметной области (ПрО) планирования предотвращения ЧС на объектах водного транспорта для поддержки ПР представлена на рис. 1.

Модель оказания воздействия на ДЛ предназначена для того, чтобы отразить порядок и способы оказания непосредственных воздействий на ДЛ подразделений ЦУКС с использованием видов воздействий, отраженных в модели совершения ошибок ДЛ при планировании предотвращения ЧС на объектах водного транспорта.

Модель совершения ошибок ДЛ функционирует с целью определения и обоснования способов воздействия на ДЛ, которые будут включены в процедуры оказания влияния и направления действий с целью усиления их творческих возможностей и предоставления возможности предсказания вероятности совершения ошибки при ПР в процессе планирования предотвращения ЧС на объектах водного транспорта.

Модель адаптации воздействий на ДЛ предназначена для адаптации указанных процедур к уровню обученности ДЛ отделов, центров ЦУКС, особенностям характера, темперамента ДЛ и условиям оперативной обстановки.

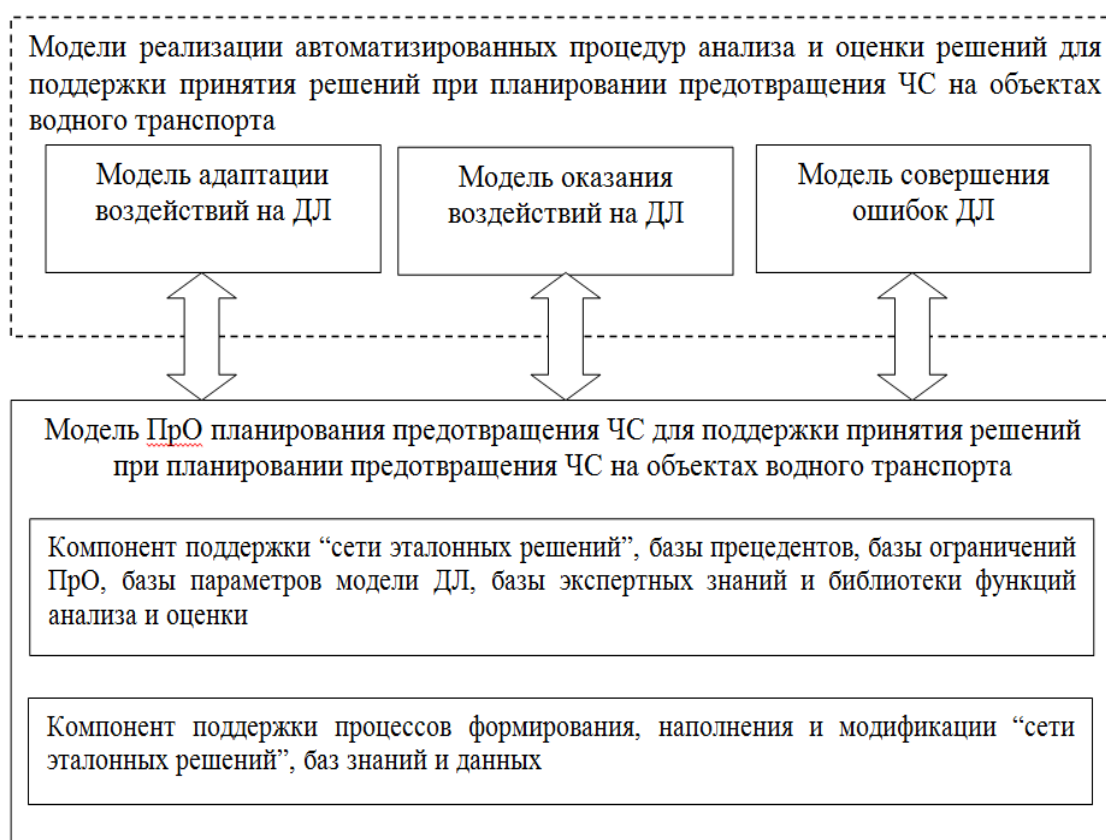


Рис. 1. Общая схема комплекса моделей реализации автоматизированных процедур анализа и оценки решений предметной области планирования предотвращения ЧС на объектах водного транспорта

Модель предметной области планирования предотвращения ЧС для поддержки ПР при составлении плана предотвращения ЧС на объектах водного транспорта предназначена для представления возможностей реализации процедур обнаружения отклонений у ДЛ при ПР в процессе планирования на основе выработанной сети «эталонных решений», баз знаний и данных. Модели предметной области содержат в своем составе:

1) элемент поддержки «сети эталонных решений», базы прецедентов, ограничений ПрО, параметров модели ДЛ, экспертных знаний;

2) элемент поддержки процессов наполнения, формирования и модификации «сети эталонных решений», баз знаний и данных.

В процессе выполнения работы было проведено исследование существующих моделей ЭК [6, 7]. С помощью анализа этих моделей возможно удостовериться в их невысокой адекватности, большой противоречивости и неоднозначности. Таким образом, это делает невозможным их применение для создания СППР, основываясь на анализе и оценке решений при предотвращении ЧС. В частности, они не позволяют определять, на какой конкретно информации основываются рассуждения ДЛ при ПР, не показывают явно, как опытные ДЛ комбинируют и обрабатывают знания для получения правильных результатов, не предоставляют твердого фундамента для построения когнитивной, адаптивной структуры, не отражают снижение работоспособности ДЛ при поступлении больших объемов информации.

С другой стороны, современный уровень физиологии и психологии не дает возможность формировать адекватный механизм влияния на ДЛ для того, чтобы уменьшить число ошибок, ввиду недостаточной изученности основ функционирования мозга человека.

Решением данной проблемы является введение в группу моделей механизмов самоадаптации и обретения знаний, которые, имея определенный объем информации о структуре и параметрах ДЛ, дают возможность улучшить его показатели, оптимизировать его функционирование.

Из этого следует, что порядок функционирования модели ППР для оценки рисков ЧС природного и техногенного характера на объектах водного транспорта, в основном, обуславливается выбранным механизмом адаптации или самоорганизации. Функции данного механизма отображает модель адаптации воздействий.

Имеющиеся подходы к адаптации подразумевают постановку оптимизационной задачи по определенному критерию и решают ее с помощью одного из известных способов математического программирования [4, 5]. Так как существует много трудностей в процессе построении целевой функции в очевидном виде, применить данный подход при решении задачи адаптации процедур воздействий на должностное лицо невозможно. Обобщенный подход к представлению ДЛ в контуре обратной связи представлен на рис. 2.

Должностное лицо представлено «черным ящиком», при этом вид описывающих функций ДЛ известен только в общем виде. На вход подается определенная последовательность воздействий из заранее обозначенного множества воздействий, не являющихся строго ограниченными. Варьируемыми параметрами в данной ситуации являются порядок следования и количество повторений воздействий, кроме того, и возможность изменения множества воздействий. Стоит отметить, что при этом подразумевается наличие правил, отсекающих абсурдные наборы воздействий.

Оценочная функция устанавливает вероятность или серьезность совершенной ошибки при принятии решений.

Для того чтобы рассчитать значения оценочной функции, период оказания воздействия и получения реакции должностного лица на данное воздействие разнесены во времени и использование модифицированного воздействия возможно только при следующем выполнении подобной задачи.

Ставится задача нахождения целевой функции и оптимизация итерационным способом с помощью минимизации оценочной функции.

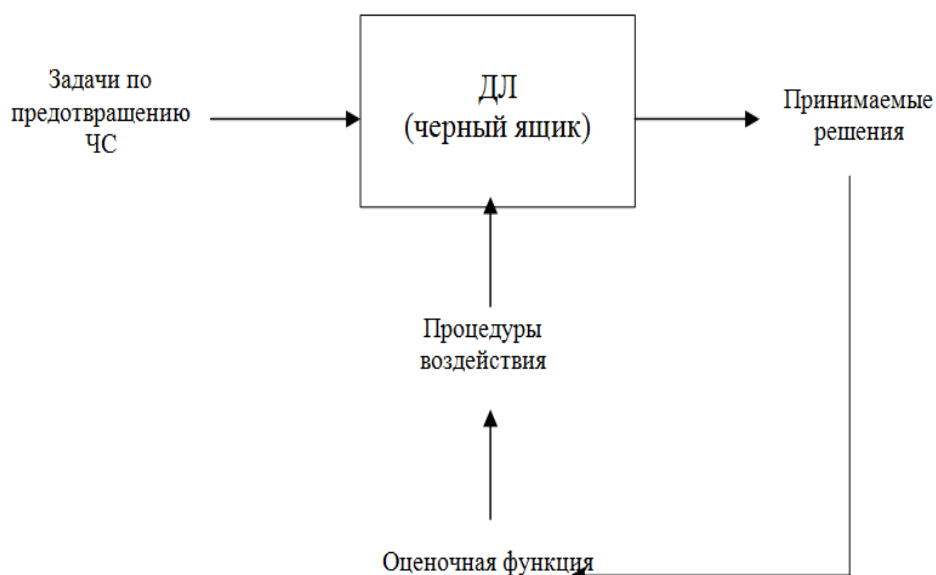


Рис. 2. Общий порядок адаптации системы моделей

Целевая функция неизвестна, а обозначены лишь ее ограничения с помощью правил отсека абсурдных последовательных воздействий. Эти правила накладывают ограничение конечности множества целесообразных воздействий. Такая задача является комбинаторной. Анализируя задачи подобного типа, можно прийти к выводу, что множество ветвей комбинаторного дерева составляет не менее 10^9 , таким образом, из-за значительного размера периода сходимости модели, применить метод полного перебора невозможно.

Дальнейший анализ показывает, что градиентные методы для решения данной задачи не подходят, так как неизвестна целевая функция и нельзя измерить ее градиент. Вследствие большой размерности задач ПР при планировании предотвращения ЧС на объектах водного транспорта применение псевдоградиентных алгоритмов бессмысленно. Для решения рассмотренной задачи используются методы самоорганизующихся систем управления, включающих методы самоорганизующихся стохастических систем управления.

Задача построения модели адаптации воздействий на ДЛ сводится непосредственно к построению модели, которая реализует самоорганизующийся функционально-адаптивный процесс управления. Учитывая особенности объекта управления (ОУ) и исходя из постановки задачи, становится возможным непосредственное снижение неопределенностей, которое за счет последовательных наблюдений входных воздействий и выходных реакций улучшит качество процесса. В цикле самоадаптации порядок и общий вид функционального взаимодействия комплекса моделей показан на рис. 3.

Постановка задачи построения системы моделей выглядит так. Имеется определенный нелинейный объект (ДЛ), о его динамике известно то, что он обладает стохастической природой. На вход объекта (ДЛ) поступает большое количество информации, которое описывается двойкой:

$$\{Q, Q_x\},$$

где Q – множество задач по планированию предотвращения ЧС; Q_x – множество условий решения задач.

На выходе объекта поток информации $Q_{вых}$ – это решения по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, принимаемые ДЛ в процессе ПР.

Потоку решений дается оценка с помощью алгоритма выявления отклонений из состава модели ПрО планирования. Любому решению ставится в соответствие значение оценки W .

Объект (ДЛ) описывается так:

$$\{K_{зн}, K_{нав}, K_{пс}\},$$

где $K_{зн}$, $K_{нав}$, $K_{пс}$ – характеристики, отображающие склонность ДЛ к совершению ошибок в решениях по предупреждению ЧС. При этом есть сведения только о наиболее общей форме зависимости склонности к совершению ошибок от указанных характеристик.

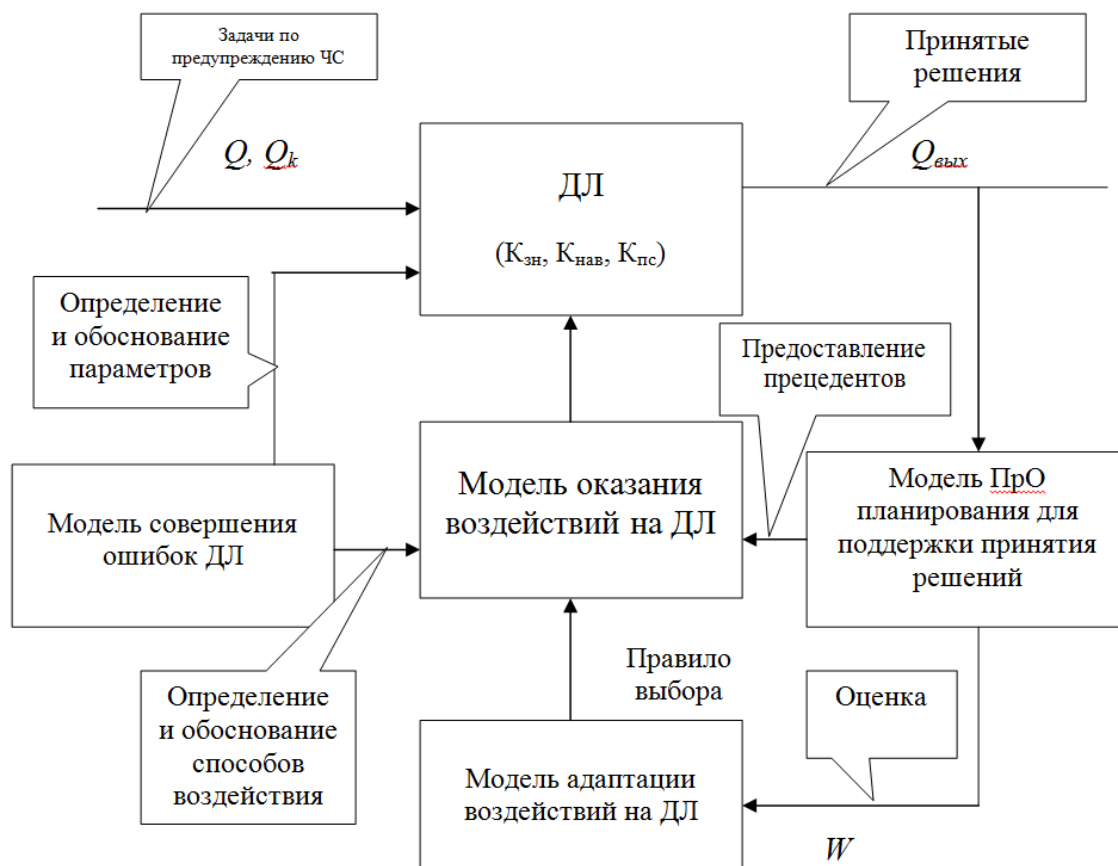


Рис. 3. Порядок взаимодействия системы моделей

Чтобы установить пути построения адаптивной модели оказания воздействий на ДЛ, рассмотрим наиболее распространенные способы построения функционально-адаптивных самоорганизующихся систем.

1. Метод стохастической аппроксимации [5] был определен для систем, когда полностью неизвестна динамика. Его суть обосновать и выбрать определенное рекуррентное стохастическое соотношение, которое тем самым описывает аппроксимируемый процесс. Необходимо знать обширную априорную информацию о структуре самого объекта, с тем чтобы выбрать нужную аппроксимацию модели объекта и структуры управляющего устройства. Данный метод применим к системам, когда пространства состояний и управлений непрерывны. Сходимость подобной схемы самоорганизации на сегодняшний день не доказана.

2. Алгоритм обучения без учителя Николика и Фу [4]. Суть в последовательной перестройке коэффициентов уравнений, которые описывают процесс самоадаптации, основываясь на наблюдениях входных воздействий и выходных реакций. Скорость

сходимости этого алгоритма в данном классе самая низкая. Этот алгоритм наиболее применим в ситуациях, когда альтернатив управления немного.

3. Корреляционный алгоритм [5], суть которого в нахождении статистической корреляции между последовательными входными воздействиями и выходными реакциями. Этот алгоритм очень чувствителен к начальному состоянию объекта. Его применение ограничено предположением линейности объекта управления.

4. Обучение с подкреплением являются самыми подходящими [5]. Данные алгоритмы просты в реализации и имеют небольшое время сходимости. Им не нужна обширная априорная информация об ОУ, а только несколько начальных условий.

Основывается обучение с подкреплением на использовании закона подкрепления. Суть закона – отразить влияние вознаграждения или наказания, которое прямым способом связано с достижением или недостижением цели, на изменение поведения ДЛ, который представлен в качестве ОУ.

Используя подобный подход, допускается, что вознаграждение и наказание имеет одинаковую силу воздействия и в схожих обстоятельствах индивид всегда стремится вознаграждение максимизировать. Тем самым наблюдаемые выходные реакции разбиваются на множество ситуаций управления, каждая из которых имеет свою определенную цель. Суть управления заключается в том, чтобы принять решение о выборе такого входного воздействия, которое вынудит ДЛ на одну из реакций, нацеленных на достижение глобальной цели.

Рассматривая многочисленное количество алгоритмов с подкреплением, наиболее подходящим является метод самоадаптации стохастического автомата Макларена с переменной структурой [4, 5]. Данный метод выбран потому, что с вероятностью единица этот алгоритм сходится к асимптотически оптимальному решению при неважно какой степени априорной неопределенности о структуре и параметрах объекта управления. У данного метода самое малое время сходимости среди алгоритмов с подкреплением.

Применяя данный метод, необходимо выполнить только два условия:

- 1) конечности множества внутренних состояний;
- 2) конечности множества входных воздействий на автомат.

Механизм самоадаптации для СППР, основанный на анализе и оценке решений, задается в виде:

$$\begin{aligned}x(k+1) &= f(x(k), u(k), w(k)), x(0) = x_0, \\z(k) &= h(x(k), v(k)),\end{aligned}$$

где $x(k)$ – ненаблюдаемое множество состояний ДЛ неизвестной размерности n на шаге k ; $x(k+1)$ – ненаблюдаемое множество состояний ДЛ на шаге $k+1$, которое принадлежит пространству Ω_x , $x(k) \in \Omega_x$, которое подразумевается конечным; $r_{возд}(k)$ – воздействия на ДЛ, относится к пространству допустимых воздействий Ω_u , $r_{возд}(k) \in \Omega_u$, которое тоже конечно; $z(k)$ – реакции ДЛ на воздействия, принадлежат пространству наблюдений Ω_z ; $v(k)$ – шум процесса самоадаптации и оценок принятых решений, принадлежат пространству шумов процесса Ω_w и шумов оценки Ω_v .

$z(k) \in \Omega_z$ структура соответствует структуре пространства Ω_x , $w(k)$ и $v(k) \in \Omega_v$, $w(k) \in \Omega_w$, отражает взаимодействие ДЛ и СППР с окружающей средой.

Функции $f(\cdot)$ и $h(\cdot)$ – неизвестные функции своих аргументов, представляют взаимно однозначные отображения пространств Ω_x , Ω_u , Ω_w , Ω_v на пространство Ω_z . Качество функционирования ДЛ при ПР в процессе ПС характеризуется показателем вида:

$$W(u) = M[\lim_{N \rightarrow \infty} F(Z, R_{возд})],$$

где Z – наблюдаемые реакции на воздействия; F – функция оценки качества; $R_{возд}$ – воздействия, которые оказываются на ОУ.

Стохастический автомат Макларена формально можно представить в виде пятерки:

$$\{Z_{\text{ЭК}}, Q_{\text{ЭК}}, U_{\text{ЭК}}, F_{\text{ЭК}}, I_{\text{ЭК}}\},$$

где $Q_{\text{ЭК}}=\{q_{\text{ЭК}}\}$ – конечный набор внутренних состояний модели оказания воздействий на ДЛ как стохастического автомата; $Z_{\text{ЭК}}=\{z_{\text{ЭК}}\}$ – конечный набор входов модели адаптации воздействий; $U_{\text{ЭК}}=\{u_{\text{ЭК}}\}$ – конечный набор выходов, сопоставлен множеству воздействий на ДЛ из числа процедур оказания влияния и направления действий; $F_{\text{ЭК}}$ – функция показывает переходы между состояниями; $I_{\text{ЭК}}$ – функция обучения модели адаптации воздействий. Состояние автомата на каждом последующем шаге является вероятностной функцией предыдущего состояния и значения входов:

$$\begin{aligned} q_{\text{ЭК}}(n+1) &= F_{\text{ЭК}}[q_{\text{ЭК}}(n), z_{\text{ЭК}}(n)]; \\ F_{\text{ЭК}}^n &= I_{\text{ЭК}}[z_{\text{ЭК}}(n-1)]; \\ u_{\text{ЭК}}(n) &= q_{\text{ЭК}}(n), n = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

Множество входов модели адаптации воздействий на ДЛ $Z_{\text{ЭК}}$ – это реакции положительного или отрицательного подкрепления, которые получаются на основе оценки качества функционирования ДЛ как ОУ.

Для каждого входа $z_{\text{ЭК}}(n)$ в момент n функция $F_{\text{ЭК}}$ переводит автомат из состояния $q_{\text{ЭК}}(n)$ в состояние $q_{\text{ЭК}}(n+1)$, где получается соответствующий выход $u_{\text{ЭК}}(n+1)$. Функция, показывающая переходы между состояниями $F_{\text{ЭК}}$, отображается квадратной стохастической матрицей переходных вероятностей $T_{\text{ЭК}}(n)=m \times m$, размерность матрицы определяется мощностью множества внутренних состояний $m = |Q_{\text{ЭК}}|$.

Состояния автомата описываются соответствующими распределениями вероятностей:

$$\begin{aligned} q_{\text{ЭК}}(n) &= T_{\text{ЭК}}(n), \\ \sum_{i=1}^K t_{iio}^n(m) &= 1. \end{aligned}$$

Модель адаптации воздействий на ДЛ определяется как последовательное уменьшение вероятности принятия ошибочного решения, представлена в виде:

$$\begin{aligned} P_{\text{ош}} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ош}}(n)}{n}, n=1, \dots, N, \\ P_{\text{ош}} &\rightarrow \min. \end{aligned}$$

Локальная цель функционирования на каждом шаге итерации определяется разностью последующего и предыдущего среднего значения вероятности принятия проектировщиком ошибочного решения:

$$\Delta p_{\text{ЭК}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ош}}(n-1)}{n-1} - \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ош}}(n)}{n} > 0, n=1, \dots, N.$$

Суть обучения заключается в динамической перестройке матрицы переходов автомата Макларена под воздействием положительного или отрицательного подкрепления в виде штрафов и вознаграждений:

$$T_{\varepsilon k}(n+1) = a t^{\varepsilon k}_{ij}(n) \pm (1 - a) \Delta p_{\varepsilon k},$$

где $t^{\varepsilon k}_{ij}(n)$ — значения элементов стохастической матрицы на данном шаге; $T_{\varepsilon k}(n+1)$ — распределение вероятностей стохастической матрицы на следующем шаге; выражение $\Delta p_{\varepsilon k}$ показывает вознаграждение в алгоритме с подкреплением, если $\Delta p > 0$, и штраф, если $\Delta p < 0$; a — коэффициент, который определяет силу подкрепления. Исходя из этого, функция адаптации состоит в следующем:

1) Согласно распределению вероятностей, при переходе из состояния $q_{\varepsilon k}(n)$ в состояние $q_{\varepsilon k}(n + 1)$, в случае если оценка улучшится, то есть уменьшится вероятность ошибочного принятия решения на конкретном шаге работы автомата, это состояние закрепится и произойдет модификация значений переходных вероятностей матрицы. Значение элемента, которое определило переход, увеличится:

$$t^{\varepsilon k}_{ij}(n+1) = a t^{\varepsilon k}_{ij}(n) + (1 - a) \Delta p_{\varepsilon k},$$

а значения остальных элементов равномерно уменьшится для соблюдения условия

$$\sum_{i=1}^K t^{\varepsilon k}_{iio}(m) = 1:$$

$$t^{\varepsilon k}_{ij}(n+1) = a t^{\varepsilon k}_{ij}(n) - (1 - a) \frac{\Delta p}{r},$$

где r — мощность множества состояний автомата.

2) В случае если оценка ухудшится, произойдет возврат в предыдущее состояние и значения переходных вероятностей матрицы модифицируются. Для элемента, определившего переход в сторону уменьшения:

$$t^{\varepsilon k}_{ij}(n+1) = a t^{\varepsilon k}_{ij}(n) - (1 - a) \Delta p_{\varepsilon k},$$

а значения остальных элементов равномерно увеличиваются:

$$t^{\varepsilon k}_{ij}(n+1) = a t^{\varepsilon k}_{ij}(n) + (1 - a) \frac{\Delta p}{r},$$

где $q_{\varepsilon k}(n)$ — внутреннее состояние стохастического автомата на n шаге определяется с помощью начального распределения вероятностей стохастической матрицы и значений функции оценки качества деятельности должностного лица. На шаге $n+1$ состояние модели определяется с помощью распределения вероятностей и вектором состояния на n шаге. На шаге $n+1$ происходит оценка качества деятельности проектировщика и оценка качества обучения. Внутреннее состояние автомата точно определяет его выходы:

$$U_{\varepsilon k} = Q_{\varepsilon k}.$$

Алгоритм одного повторения (итерации) функции обучения модели адаптации воздействий на ДЛ приведен на рис. 4.

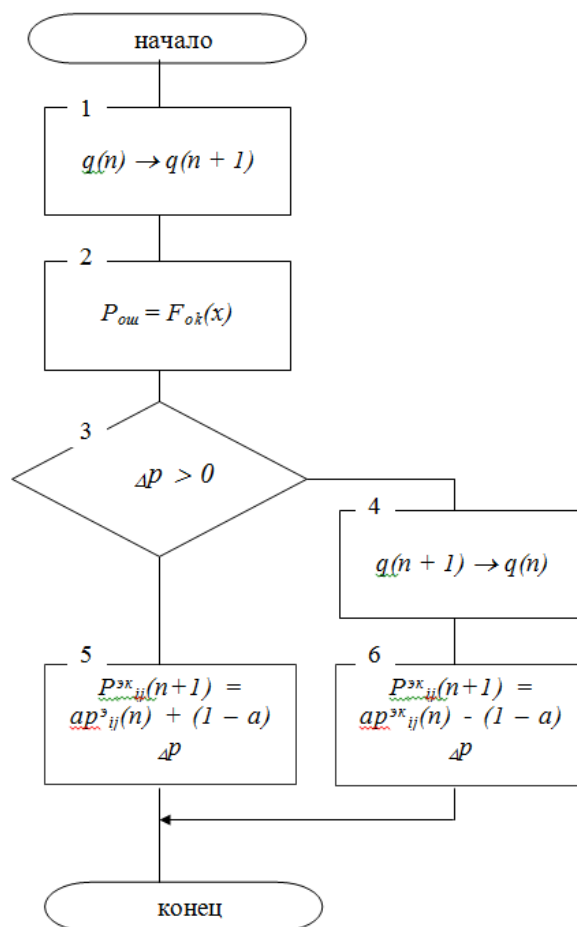


Рис. 4. Алгоритм одной итерации самообучения автомата Макларэна

Блок № 1 отражает переход автомата в другое состояние $q(n+1)$, которое в конечном случае определяет воздействия на ДЛ.

С помощью блока № 2 можно увидеть оценку реакции ДЛ на оказанное воздействие. Если оценка качества обучения положительна (блок № 3), то модель останется в этом состоянии и произведет пересчет составляющих матрицы переходных вероятностей, указанных в блоке № 5.

Оценка качества обучения отрицательна, тогда модель возвратится в предыдущее состояние (блок № 4), выполнит модификацию значения вероятностей матрицы и сделает следующий шаг из этого состояния, как указано в блоке № 6.

Рассмотренный алгоритм обучения Макларэна сходится при условии конечности множества входов, любом состоянии ОУ.

Модель адаптации воздействий на ДЛ разработана с использованием аппарата самоорганизующихся систем управления. В качестве подхода к адаптации используется аппарат стохастических вероятностных автоматов Макларэна с переменной структурой. Модель адаптации определяет порядок адаптации в виде алгоритма с подкреплением.

В последующем, чтобы определить область допустимых значений выходов и внутренних состояний стохастического автомата Макларэна, которые есть воздействия на ДЛ из числа процедур оказания влияния и направления действий, а также чтобы определить начальное состояние автомата и матрицы функции переходов будет представлена модель совершения ошибок ДЛ при принятии решений в процессе предупреждения и ликвидации последствий ЧС на объектах водного транспорта.

Литература

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
2. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
3. Лещинский П.Д., Онов В.А., Корольков А.П. Информационная поддержка принятия решений по предотвращению ЧС на объектах водного транспорта // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Вып. № 1(6). Т. 2.
4. Саридис Дж. Самоорганизующиеся системы управления. М.: Наука, 1981. 469 с.
5. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем. М.: Наука, 1970. 251 с.
6. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России / В.А. Онов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 5–13.
7. Gerhard F., Kumiyo N. Embedding critics in design environments // AI Magazine. 1995. V. 24. № 3. P. 34–56.

СНИЖЕНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА АТМОСФЕРУ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

А.А. Иванченко, доктор технических наук, профессор.

Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова

Анализируются результаты расчетных исследований загрязнения воздушного бассейна поллютантами водного транспорта в акватории Санкт-Петербурга. Работа выполнялась по государственным заказам в период 1980–1996 гг. В рассмотрение попали одиннадцать рейдов и все фарватеры, по которым проходят суда через акваторию Санкт-Петербурга. Исследования показали, что при опасных метеорологических условиях концентрация в воздухе окислов азота может в шесть раз превышать допустимые нормы, сажи – до 1,5 раз.

Ключевые слова: водный транспорт, поллютанты, загрязнение воздуха, локальная чрезвычайная ситуация

REDUCTION OF EMERGENCY EFFECTS OF WATER TRANSPORT ON THE ATMOSPHERE OF URBAN ENVIRONMENT

A.A. Ivanchenko. Admiral Makarov State university of maritime and inland shipping

The results of computational investigations of air pollution by exhaust emissions from water transport in the waters of Saint-Petersburg are analyzed. The work was carried out on the Government Orders in 1980–1996. Eleven ships at anchor and all the fairways through which ships pass through the waters of Saint-Petersburg were considered. The study has shown that under hazardous weather conditions, the concentration of nitrogen oxides in the air can be 6 times as high than the standard limit value; soot PM – up to 1,5 times as high.

Keywords: water transport, pollutants, air pollution, local emergency

Одной из основных характерных особенностей развития современного общества является стремительный рост крупных мегаполисов, а вместе с ними обострение проблем, связанных с их функционированием. Это рост числа заболеваний населения, разрушение зданий и сооружений, исторических памятников и т.п. в результате воздействия на них газообразных SO_x и NO_x , содержащихся в атмосфере, и кислотных дождей, являющихся продуктами их преобразований в атмосфере [1–3].

Указанные проблемы обостряются в результате сосредоточения в крупных городах-мегаполисах большого количества промышленных предприятий, портов, вокзалов коммерческих и личных транспортных средств с огромной концентрацией населения. В этих условиях в числе выраженных источников загрязнения атмосферы оказался флот, осуществляющий вредное воздействие на атмосферу мегаполиса не только в процессе движения судов, но и в период их обработки. При этом если роль наземных видов транспорта в общей проблеме достаточно детально изучена, водный транспорт длительное время оставался вне проблемы.

Учитывая, что опасность проживания населения в городах в этом плане сегодня в значительной степени определяется локальным загрязнением атмосферного воздуха в жилых районах, а также длительностью нахождения людей в зоне выброса отработавших газов, исключительно важным показателем степени влияния вредных выбросов дизельных установок судов на окружающую среду является уровень их приземных концентраций в атмосферном воздухе в непосредственной близости к судовым фарватерам и местам скопления флота на рейдах прибытия, отправления, у грузовых причалов. Так как при неблагоприятных метеорологических условиях рассеивание вредных веществ, выбрасываемых с отработавшими газами двигателей, затруднено, могут сложиться неблагоприятные, а порой и чрезвычайные ситуации сверхнормативного загрязнения атмосферы в непосредственной близости от мест проживания населения.

В качестве примера наличия рассматриваемой проблемы в настоящей статье анализируются результаты исследований загрязнения воздушного бассейна в акватории Санкт-Петербурга [1, 4], выполненных в рамках тематического плана НИР Минтранса Российской Федерации на 1980–1996 гг. и координационного плана Государственного комитета по науке и технике СССР по решению проблем, направленных на защиту воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами (программа 00.85.03). В рассмотрение попали 11 рейдов и все фарватеры, по которым проходят суда через акваторию Санкт-Петербурга.

В основу исследований были положены согласованные в установленном порядке «Временные методические указания по расчету выбросов от флота в городах и местах скопления флота». Это позволило при расчетах выбросов от судов обратиться к транспортному процессу как самостоятельному объекту управления и соответственно использовать существующие в отрасли формы учета работы флота.

Расчетным исследованиям предшествовало изучение метеорологической, градостроительной и судоходной обстановки в акватории одного из самых напряженных транспортных узлов города Санкт-Петербурга, выбор акваторий, наиболее сильно подвергающихся загрязнению выбросами вредных веществ с отработавшими газами энергетического оборудования судов, анализ заполняемости рассматриваемых акваторий судами, застройки и озеленения прибрежной полосы. Накопление статистического материала по составу отработавших газов дизелей и котлов осуществлялось в соответствии с нормативным документом «Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами дизелей эксплуатирующихся судов Минречфлота РСФСР. Номенклатура и методы измерения».

При выполнении реальных расчетов рассеяния вредных веществ с отработавшими газами судов исходные данные основывались на анализе фактических условий эксплуатации судов и на двигателях, эксплуатируемых на судах, учитывали целый ряд переменных: тип двигателя и судна, режимы эксплуатации, качество топлива, состояние береговой черты. В качестве исходных параметров, характеризующих выбросы вредных веществ в источниках, приняты выбросы NO_x (NO и NO_2), SO_2 , CO , CH и сажи на режимах, преобладающих при выполнении

судном рассматриваемых транспортных операций. Геометрические характеристики источников определялись из документации судов. Величина концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в местах скопления флота оценивалась на границе санитарно-защитной зоны при наиболее неблагоприятных и наиболее часто встречающихся метеоусловиях при различных задаваемых превращениях NO в NO_2 .

Результаты исследований показали, что суда типа «река – море» проектов 225 и 791 как в период их стоянки в ожидании обработки и при обработке, так и в процессе движения делают рассматриваемые производственные акватории выраженными источниками загрязнения воздушного бассейна мегаполиса.

Так, при неблагоприятных метеоусловиях при скорости ветра 1,4–2,0 м/с при стоянке судов в акватории расположенного в непосредственной близости от жилой зоны рейда прибытия-отправления у Благовещенского моста, при его полном заполнении в соответствии с лоцманскими картами восьмью судами, на проходящей по середине набережной границе санитарно-защитной зоны вклад судов с работающими вспомогательными двигателями и котлом в загрязнение атмосферы оксидами азота в контрольных точках достигал величины 5,8 и 5,6 предельно-допустимой концентрации (ПДК), оксидами серы при работе двигателей на дизельном топливе – 0,5 ПДК. Что касается других вредных веществ CO , CH и сажи, ПДК в контрольных точках в приземном слое превышала только сажа. Соответственно, приземная концентрация CO в контрольных точках составила 0,02 ПДК, CH – 0,2 ПДК и сажи 1,37 и 1,29 ПДК.

Рассчитанные при таких же метеоусловиях концентрации вредных веществ в атмосфере акватории того же рейда, когда на трех судах со стороны фарватера запущены и прогреваются главные двигатели, а перед судоходным пролетом Благовещенского моста заправляются в него суда, показывают, что включение в рассмотрение работающих главных двигателей в режиме прогрева и маневрирования приводит к увеличению концентрации суммарных окислов азота (в приведении их к NO_2) на границе санитарно-защитной зоны в 2,4–3,1 раза и соответствующему их вкладу загрязнению до уровня 13–18 ПДК. Аналогичным образом возросла в контрольных точках концентрация других вредных веществ: SO_2 , CO , CH и сажи, соответственно, в 1,52 и 1,22; 5,5 и 4,5; 2,26 и 1,78; 1,27 и 1,12 и их вклад составил 0,76 и 0,61; 0,11 и 0,09; 0,43 и 0,32; 1,74 и 1,45 ПДК.

Аналогичные результаты были получены в результате моделирования рассеяния вредных веществ судопотоком, состоящим из трех судов проекта 588 и четырех – проекта 301 и судопотока, состоящего из 12 судов проекта 791 и 12 судов проекта 225, идущих вверх и вниз по течению и при обработке судов у причалов Невского грузового района (табл.).

Таблица. **Параметры рассматриваемых судопотоков**

Проекты судов в судопотоке	2–95	301; 588	342	Р –35
Интенсивность движения, судов в час	8	7	4	8
Протяженность судопотока, км	40	52	3	12
Индекс концентрации NO_x на границе санитарно-защитной зоны (доли ПДК)	0,29	0,9	0,46	0,29

И хотя при изучении рассеяния вредных веществ от судопотоков, образованных судами различных проектов, получена менее удручающая ситуация, полученные результаты также свидетельствуют о необходимости проработки проблемы как в техническом, так и в организационно-управленческом аспектах.

Анализ показал, что в условиях чрезвычайных метеорологических условий при расстановке судов в порту вклад судов в загрязнение воздушного бассейна может быть существенно уменьшен в результате подключения судов к береговому электропитанию или вынесения рейдов прибытия-отправления за пределы населенных пунктов. В случае наличия санитарно-защитной зоны значительных размеров, как это имеет место при рассмотрении

судов, пришвартованных у стенок грузовых причалов Невского грузового района, ПДК NO_x на границе санитарно-защитной зоны без ущерба технологии обработки может быть обеспечена ограничением количества судов, ошвартованных у каждого причала до одного. Превышение ПДК для рабочей зоны не установлено.

Гораздо хуже обстоят дела с выбросами главных двигателей. В рамках существующих подходов к нормированию при их прогреве и маневрировании у причалов они должны быть снижены на 90–95 %. Причем это требование согласуется с уже принятыми в Приложении 6 к МАРПОЛ 73/78 для особых районов и Евросоюзу для внутренних водных путей ограничениями на выбросы NO_x с отработавшими газами главных двигателей судов.

Литература

1. Иванченко А.А., Иванченко А.А. Охрана воздушного бассейна при проектировании и эксплуатации судовых энергетических установок. СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2015. 323 с.
2. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах / Ложкина О.В. [и др.] // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 4 (40). С. 91–98.
3. Adaptation of the European traffic pollution monitoring process to Saint Petersburg, Russia / V.N. Lozhkin, O.V. Lozhkina, S.N. Terekhin [et al] // Pollution Research. 2016. Т. 35. № 4. С. 897–901.
4. Иванченко А.А., Окунев В.Н. Системы непрерывного мониторинга выбросов вредных веществ с отработавшими газами судовых дизельных установок // Морская радиоэлектроника. 2010. № 1. С. 12–15.



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

А.А. Боева;

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

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен процесс повышения предела огнестойкости металлоконструкций в условиях углеводородного пожара. Найдено оптимальное решение, подтвержденное в процессе эксперимента и проверенное с использованием регрессионного и корреляционного анализа.

Ключевые слова: огнестойкость, металлическая конструкция, предел огнестойкости, углеводородный пожар

MODEL OF THE PROCESS OF CHANGE OF FIRE RESISTANCE OF METAL CONSTRUCTION UNDER CONDITIONS OF HYDROCARBON FIRE

A.A. Boeva; S.N. Terekhin; G.L. Shidlovsky.

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

The article considers the process of increasing the fire resistance limit of metal structures in the conditions of a hydrocarbon fire. An optimal solution was found that was confirmed during the experiment and tested using regression and correlation analysis.

Keywords: fire resistance, metal construction, fire resistance limit, hydrocarbon fire

Металлические конструкции являются распространенным материалом при строительстве. Предельное состояние металлоконструкций может возникнуть при любой аварийной ситуации, сопровождающейся реактивным термическим воздействием нефтепродуктов.

Предел огнестойкости конструкций при оценке пожарного риска определяется временем от начала огневого воздействия до наступления предельного состояния при стандартном температурном режиме, который определяется формулой подъема температуры окружающей среды до 1 200 °С и плотности теплового потока 25 кВт/м² в течение 15 мин [1].

В связи с тем, что большинство объектов трубопроводного транспорта находится под давлением, возникновение углеводородного пожара является наиболее частым процессом развития сценария пожара. Поэтому повышение безопасности эксплуатации газотранспортных систем на всех этапах жизненного цикла является актуальной задачей [2].

Углеводородный пожар представляет собой поток горючего газа под давлением или распыленной жидкости. При освобождении распыленной жидкости или газа поток загорается после того, как происходит выброс, в результате возникает интенсивная струя пламени. Эта струя пламени стабилизируется от точки, которая находится ближе к источнику выброса, вплоть до выхода. Струя пламени, как правило, очень локализована, но очень разрушительна.

Температура газового потока может достигать 1 300 °С, а скорость истечения из сосуда может быть близка к скорости звука в данной среде (до 340 м/с). Высокотемпературные газовые потоки оказывают аэродинамическое и термическое воздействие, что вызывает деформацию и обрушение металлических конструкций. Вследствие этого идет потеря устойчивости металлических конструкций и их обрушение. Особенностью углеводородного пожара является непрерывное нарастание площади, охваченной горением [3].

Во всем мире активно применяются стандарты по углеводородным пожарам UL 1209 (ISBN 07629-1074-7) от Underwriters Laboratory (США) и европейский EN 1363-2. С 1 июня 2015 г. на территории Российской Федерации вступил в действие ГОСТ Р ЕН 1363-2–2014 «Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы» [4]. Стандарт является переводом европейского стандарта EN 1363-2:1999 «Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures».

Несмотря на актуальность проблемы защиты в условиях углеводородного горения для России, этот стандарт стал первым официальным стандартом в этой области. Однако этот стандарт устанавливает лишь температурный режим.

Отличие углеводородного пожара от целлюлозного (стандартного) пожара можно показать графиком зависимости температуры от времени (рис. 1). Как видно из графика, углеводородный сценарий развития пожара кардинально отличается от стандартного пожара: температурный скачок гораздо резче и температурное воздействие выше. Тип горения – очень важный критерий, так как покрытие, разработанное для целлюлозного горения, может не сработать при углеводородном пожаре.

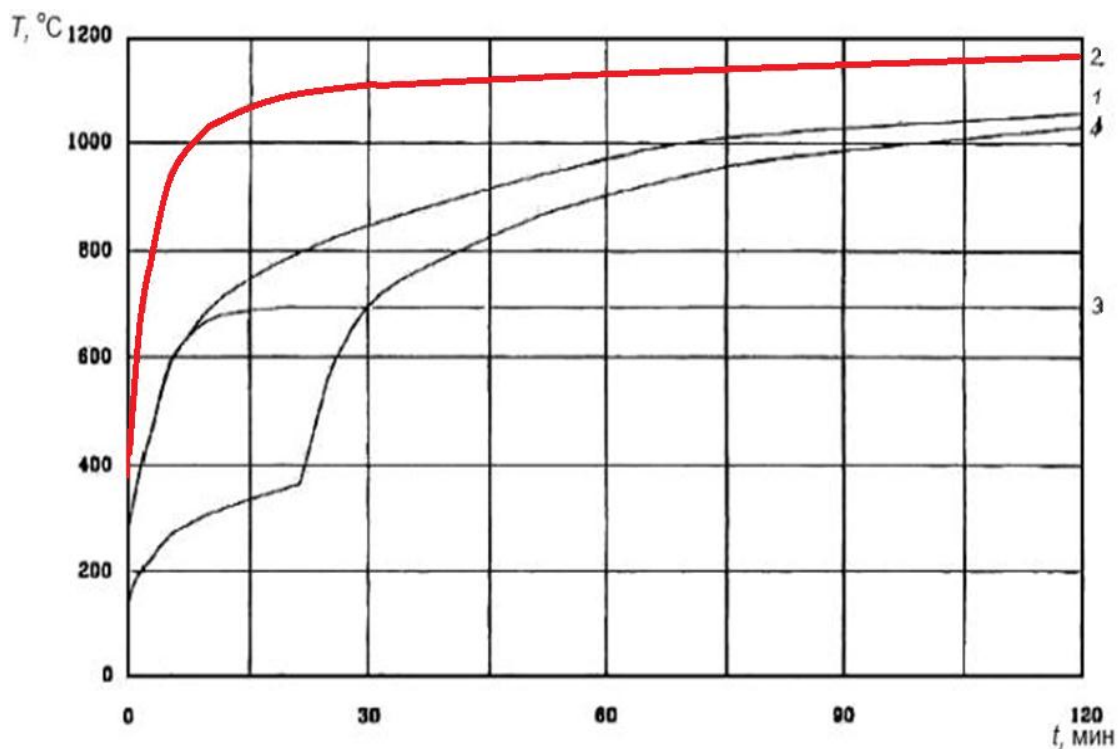


Рис. 1. График зависимости «температура-время»:

- 1 – стандартный температурный режим; 2 – углеводородный температурный режим;
3 – наружный температурный режим; 4 – медленно развивающийся (тлеющий) температурный режим [4]

Процесс повышения температуры при углеводородном пожаре характеризуется уравнением:

$$T=1080[1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}] + 20,$$

где t – время, прошедшее с момента начала испытания, мин; T – требуемая средняя температура в испытательной печи, °C.

В стандарте ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 прописаны испытания на огнестойкость при различных температурных режимах. При огневых испытаниях металлоконструкций трубопроводного транспорта создают более жесткие условия. Углеводородный пожар характеризуется резким повышением температуры и высоким давлением. Данный стандарт [4] используют при определении предела огнестойкости строительных конструкций, применяемых на объектах трубопроводного транспорта нефтяной промышленности.

Огнезащитное покрытие металлоконструкций первым испытывает на себе удар волны пламени с нарастающим ростом давления. В связи с этим для надежной защиты необходимо повышать физико-химические свойства защитных составов.

На основании изложенных данных необходима разработка и совершенствование огнезащитного покрытия для металлических конструкций при пожарах на трубопроводном транспорте.

Надо отметить, что во всем мире задачи по замедлению процесса повышения температуры трубопроводных конструкций решаются путем применения огнезащитных вспучивающихся композиций, которые представляют собой сложные композиции, содержащие связующие компоненты, вспучивающие добавки, углеродосодержащий наполнитель, стабилизаторы, пигменты. Применение огнезащитных вспучивающихся красок позволяет повышать предел огнестойкости металлической конструкции до 45–60 мин, при большой массивности конструкций – до 90 мин. При определенной температуре краска вспучивается и образует пенококс, тем самым снижается нагрев защищаемой металлической конструкции.

Вместе с тем, как показали эксперименты, описанные в работе [5], свойство замедления процесса нагрева можно улучшить путем депонирования наноструктур (MWCNT) при электрофизическом воздействии (ПЧМП) [6, 7].

В работе [5] исследованы способы модификации огнезащитных вспучивающихся композиций (ОВК). Образец с модифицированным грунтом (содержание MWCNT 1,0 % об.), с содержанием MWCNT в огнезащитной краске 1,25 % об. (при воздействии ПЧМП) показал наилучший результат при оценке огнезащитной эффективности ОВК при лабораторных испытаниях в условиях углеводородного пожара (рис. 2).

Аппроксимирующая прямая говорит о наличии положительной линейной связи между временем нагрева и ростом температуры защищаемого образца.

Если обозначить за Y температуру нагрева в градусах по Цельсию, а время нагрева в минутах, то аналитическая зависимость (уравнение регрессии Y на X) будет иметь следующий вид:

$$y_x = a + bx .$$

Для удобства вычисления величин a и b представим данные в виде табл. 1.

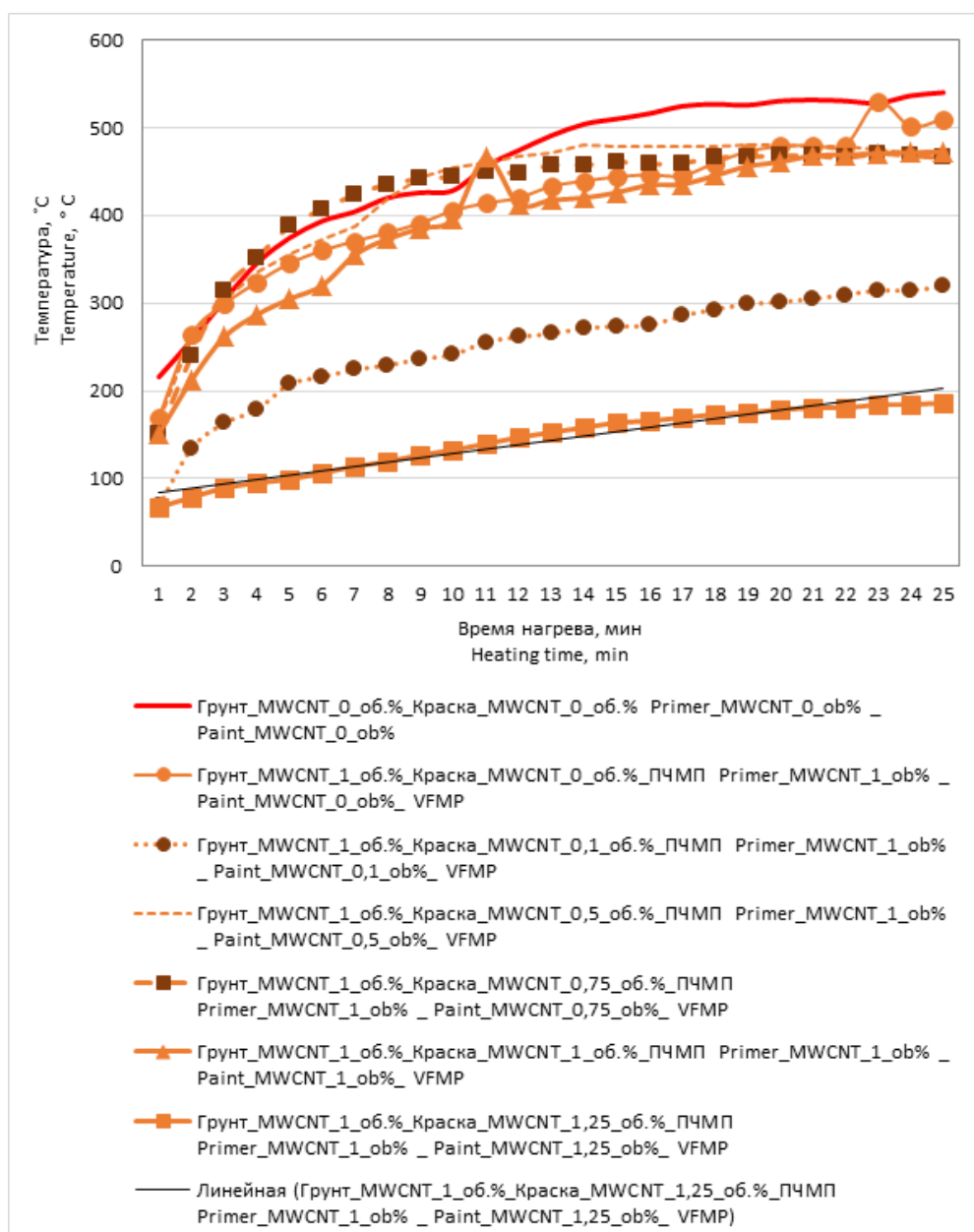


Рис. 2. Результаты лабораторных теплофизических испытаний огнезащитных покрытий, полученных в условиях воздействия ПЧМП:
а – при отсутствии MWCNT в грунте ГФ-021;
б – при концентрации MWCNT в грунте ГФ-021 1,0 % об.

Таблица 1. Данные для вычисления величин **a** и **b**

№	X	Y	XY	X ²
1	1	67,2	67,2	1
2	2	78	156	4
3	3	88,8	266,4	9
4	4	96	384	16
5	5	98,4	492	25
6	6	106,8	640,8	36
7	7	114	798	49
8	8	120	960	64
9	9	126	1134	81

№	X	Y	XY	X ²
10	10	133,2	1332	100
11	11	140,4	1544,4	121
12	12	147,6	1771,2	144
13	13	152,4	1981,2	169
14	14	158,4	2217,6	196
15	15	163,2	2448	225
16	16	165,6	2649,6	256
17	17	169,2	2876,4	289
18	18	172,8	3110,4	324
19	19	175,2	3328,8	361
20	20	178,8	3576	400
21	21	180	3780	441
22	22	181,2	3986,4	484
23	23	183,6	4222,8	529
24	24	184,8	4435,2	576
25	25	186	4650	625
Сумма	325	3567,6	52808,4	5525
Среднее	13	142,704	2112,336	221

$$b = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} = \frac{2112,336 - 13 \cdot 142,704}{221 - 13^2} = 4,95;$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 142,704 - 4,95 \cdot 13 = 78,41.$$

Величина коэффициента регрессии $b=4,95$ показывает, что при изменении значения переменной X на одну единицу, значение y объясняемой переменной Y изменится в среднем на 4,95 единицы.

Строим уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 78,41 + 4,95x.$$

Проведем оценку значимости уравнения регрессии в целом.

Для этого рассчитаем для каждого измерения значение регрессии. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Изменение значения регрессии

№	X	Y	XY	X ²	$\hat{y}$
1	1	67,2	67,2	1	83,36
2	2	78	156	4	88,31
3	3	88,8	266,4	9	93,26
4	4	96	384	16	98,21
5	5	98,4	492	25	103,16
6	6	106,8	640,8	36	108,11
7	7	114	798	49	113,06
8	8	120	960	64	118,01
9	9	126	1134	81	122,96
10	10	133,2	1332	100	127,91

11	11	140,4	1544,4	121	132,86
№	X	Y	XY	X ²	$\hat{y}$
12	12	147,6	1771,2	144	137,81
13	13	152,4	1981,2	169	142,76
14	14	158,4	2217,6	196	147,71
15	15	163,2	2448	225	152,66
16	16	165,6	2649,6	256	157,61
17	17	169,2	2876,4	289	162,56
18	18	172,8	3110,4	324	167,51
19	19	175,2	3328,8	361	172,46
20	20	178,8	3576	400	177,41
21	21	180	3780	441	182,36
22	22	181,2	3986,4	484	187,31
23	23	183,6	4222,8	529	192,26
24	24	184,8	4435,2	576	197,21
25	25	186	4650	625	202,16
Сумма	325	3567,6	52808,4	5525	3569
Среднее	13	142,704	2112,336	221	142,76

Формулируем основную гипотезу: «H₀: уравнение незначимо».

Оценку значимости уравнения регрессии осуществляем с помощью F – критерия. Для чего рассчитываем:

- общую сумму квадратов отклонений: $\sum (y_i - \bar{y})^2 = 33408$;
- факторную сумму квадратов отклонений: $\sum (\hat{y} - \bar{y})^2 = 31853$;
- остаточную сумму квадратов отклонений: $\sum (y_i - \hat{y})^2 = 1555$.

С учетом степеней свободы:

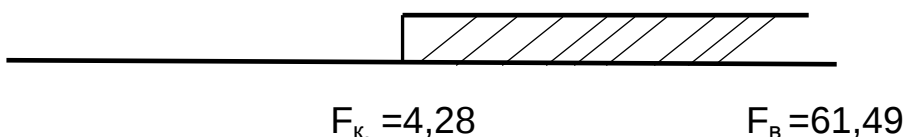
- факторная дисперсия: $D_{\text{факт}} = 31853$;
- остаточная дисперсия: $D_{\text{ост}} = \frac{\sum (y_i - \hat{y})^2}{n-2} = \frac{1555}{23} = 518$.

Расчетное значение F – критерия в таком случае равно:

$$F_B = \frac{D_{\text{факт}}}{D_{\text{ост}}} = \frac{31853}{518} = 61,49.$$

По таблицам Фишера-Снедекора имеем: $F_{\alpha=0,05} = 4,28$.

Рисуем правостороннюю критическую область:



Поскольку $F_B > F_K$, делаем вывод о значимости уравнения регрессии.
Найдем среднюю ошибку аппроксимации:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| * 100\% = 5,2\%.$$

То, что средняя ошибка аппроксимации не превышает 7 %, свидетельствует о хорошем подборе модели к данным.

Находим выборочный линейный коэффициент корреляции.

Прежде всего, найдем выборочные среднеквадратичные отклонения по x и y:

$$\sigma_B^x = \sqrt{x^2 - (\bar{x})^2};$$

$$\sigma_B^y = \sqrt{y^2 - (\bar{y})^2};$$

$$\sigma_B^x = \sqrt{221 - (13)^2} = 7,21;$$

$$\sigma_B^y = \sqrt{21700 - (142,7)^2} = 36,56;$$

$$r_B = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_B^x \cdot \sigma_B^y} = \frac{2112,34 - 13 \cdot 142,70}{7,21 \cdot 36,56} = 0,98.$$

Значение выборочного линейного коэффициента корреляции говорит о том, что связь между признаками очень сильная.

1. Проверим значимость генерального линейного коэффициента корреляции с использованием критерия Стьюдента.

Гипотеза H_0 : линейный коэффициент корреляции незначим, то есть равен нулю.

Гипотеза H_1 : линейный коэффициент корреляции значим, то есть не равен нулю.

$$H_0: r_{\text{ген.}} = 0 \text{ и } H_1: r_{\text{ген.}} \neq 0.$$

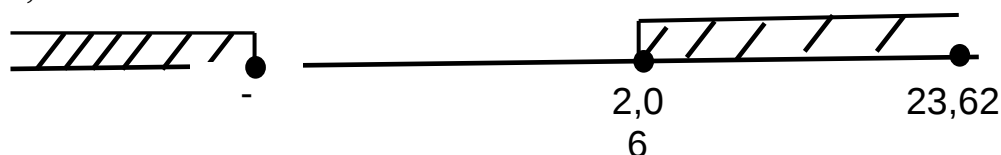
Задаем уровень значимости, то есть вероятность совершения ошибки первого рода: $\alpha=0,05$.

Выборочное значение критерия определим по формуле:

$$T_B = \frac{r_B}{\sqrt{1 - (r_B)^2}} * \sqrt{n - 2} = \frac{0,98 \sqrt{25 - 2}}{\sqrt{1 - 0,98^2}} = 23,62.$$

Критической областью является двухсторонняя и симметричная область, а критическая точка $t_{\text{кр.}}$ находится по таблице критических точек распределения Стьюдента для числа степеней свободы $\nu = n - 2 = 23$ и уровня значимости $\alpha = 0,05$:

$$t_{\text{кр.}} = 2,06$$



Так как $|T_B| > t_{\text{кр.}}$, выборочное значение критерия попадает в критическую область и нулевая гипотеза о незначимости генерального коэффициента корреляции отвергается.

2. Оценим оценки качества подбора линейной функции через коэффициент детерминации R^2 :

$$R^2 = r_B^2 = 0,98^2 = 0,96.$$

Так как значение близко к единице, делаем вывод о том, что подбор функции для описания процесса произведен с высокой точностью.

Таким образом, полученные результаты дают основание считать, что концентрация MWCNT 1,25 % при одновременном воздействии ПЧМП 56 Гц в огнезащитной краске является оптимальной, что подтверждено в процессе эксперимента и проверено с использованием регрессионного и корреляционного анализа [8].

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Корольков А.П., Минкин Д.Ю., Колесников Д.А. Нейросетевая модель функционирования системы мониторинга пожаровзрывоопасности линейной части магистральных газопроводов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 3 (43). С. 95–101.
3. Цой А.А. Методика определения эффективности огнезащитных покрытий для стальных конструкций в условиях факельного углеводородного горения: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2017. 134 с.
4. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014. Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.01.2018).
5. Исследование эксплуатационных характеристик наномодифицированных огнезащитных вспучивающихся композиций в условиях углеводородного пожара на объектах транспортировки нефтепродуктов / А.В. Иванов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 10. С. 5–19.
6. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Медведева Л.В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25. № 9. С. 30–37.
7. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз: пат. 2479005 Рос. Федерация. МПК G05B 24/02 (2006.01), H03B 28/00 (2006.01) / Ивахнюк Г.К., Матюхин В.Н., Ключков В.А., Шевченко А.О., Князев А.С., Ивахнюк К.Г., Иванов А.В., Родионов В.А., № 2011118347/08; заявл. 21.01.2010; опубл.: 10.04.2013, Бюл. № 10. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2479005> (дата обращения: 10.08.2017).
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2009. 479 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВОДНОГЕЛЕВЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

С.И. Шепелюк, кандидат военных наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.А. Рязанов;

С.М. Мурзин.

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург

Рассмотрены аспекты повышения эффективности использования существующих и перспективных систем пожаротушения объектов нефтегазового комплекса за счет применения модифицированных водных растворов. Показана возможность оказания

доврачебной помощи пострадавшим от ожогов во время срабатывания и подачи распыленного водногелевого состава на тушение пожара.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, защита персонала, модифицированные водногелевые растворы, пожар

APPLIANCE OF MODIFIED WATER AND GEL SOLUTIONS FOR FIRE EXTINGUISHING IN OIL AND GAS INDUSTRY FACILITIES

S.I. Shepelyuk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Ryazanov; S.M. Murzin.

Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg

The aspects of increasing the efficiency of the existing and promising fire extinguishing systems for oil and gas facilities through the use of modified aqueous solutions. It is shown that it is possible to provide first aid to victims of burns during operation and supply of sprayed water-gel composition to extinguish the fire.

Keywords: oil and gas industry, protection of personnel, modified water-gel solutions, fire

В настоящее время нефтегазовая отрасль является одной из важнейших сфер в экономике нашей страны, при этом Россия является ведущей газодобывающей страной.

Главной спецификой нефтегазового комплекса принято считать добычу, хранение и подготовку больших объемов газа и нефти, которые являются пожаровзрывоопасными веществами.

Основными факторами, влияющими на возможность возникновения аварий на объектах нефтегазового комплекса, являются:

- природно-климатические условия;
- высокая энергоемкость производства на ограниченной площади, сложность компоновки оборудования;
- человеческий фактор.

Высокая пожаровзрывоопасность газа и нефти определяет большую вероятность возникновения пожаров и взрывов при отработке различных аварийных ситуаций и очень высокую скорость распространения огня на территории определенного нефтегазового предприятия.

Кроме того, повышенная концентрация на относительно небольшой площади пожаровзрывоопасных веществ приводит к поражению работников отрасли и населения, значительным экономическим потерям, загрязнению окружающей среды и другим негативным факторам.

Потенциально высокая пожарная опасность предприятий нефтегазового комплекса усугубляется также тем обстоятельством, что в настоящее время идет очень быстрое внедрение новых, более высокоточных и высокоскоростных технологий добычи, подготовки и хранения нефти и газа (высокоинтенсивные установки комплексной подготовки газа и нефти нового поколения, крупномасштабные хранилища сжиженного природного газа и нефти, морские нефтегазодобывающие платформы).

Следовательно, возникает настоятельная необходимость проведения исследовательских работ по совершенствованию существующих и перспективных систем пожаротушения объектов нефтегазового комплекса.

Беря в расчет огромную значимость проблемы повышения безопасности при разработке и эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли (транспортирование, переработка и хранение газа и нефти), на сегодняшний день все большее значение имеет решение комплекса мероприятий, которые связаны с профилактикой всех допустимых аварийных ситуаций и уменьшением экологических и технологических рисков.

Установлено, что примерно 35 % зарегистрированных пожаров на предприятиях

нефтегазового комплекса возникает при подготовке к проведению и непосредственном осуществлении ремонтных (аварийно-спасательных) работ.

Таким образом, в ходе проведения ремонтных работ возникают дополнительные технологические очаги возгорания, которые связаны с осуществлением различных сварочных, резательных, взрывных, огневых и других работ, которые связаны с использованием открытого огня, а так же использования механического инструмента, при работе с которым возникают беспламенные источники тепла и капли расплавленного металла.

Опыт практической деятельности предприятий нефти и газа и проводимых научных исследований свидетельствует о том, что при тушении пожаров на предприятиях нефтегазового комплекса традиционные огнетушащие вещества (ОТВ) не всегда эффективны и требуют совершенствования структуры растворов пожаротушения с особыми специфическими свойствами.

Одним из путей решения данной проблемы является применение для тушения пожаров модифицированных и комбинированных ОТВ, основными компонентами которых могут быть водногелевые составы (гидрогели) [1, 2].

Особенностью применения комбинированных ОТВ является то, что по составу и спектру физико-химических свойств они обладают повышенной вязкостью. Это дает следующие преимущества при тушении пожаров: термическую устойчивость, теплоизолирующую способность, высокую охлаждающую способность, снижение расхода на 30–40 %, что способствует значительному повышению эффективности тушения пожаров при их применении.

В работе [3] была проведена оценка влияния электрофизической обработки на огнетушащие и огнезащитные свойства водных гелей. Электрофизическое воздействие на воду производилось с помощью генератора переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП). Эффективность пожаротушения определялась по следующим техническим показателям:

- огнетушащая эффективность;
- интенсивность подачи ($I_{\text{под}}$);
- удельный расход ($q_{\text{удел}}$).

На основе полученных результатов установлены зависимости времени тушения от интенсивности подачи и расхода ОТВ от времени тушения (рис. 1, 2).

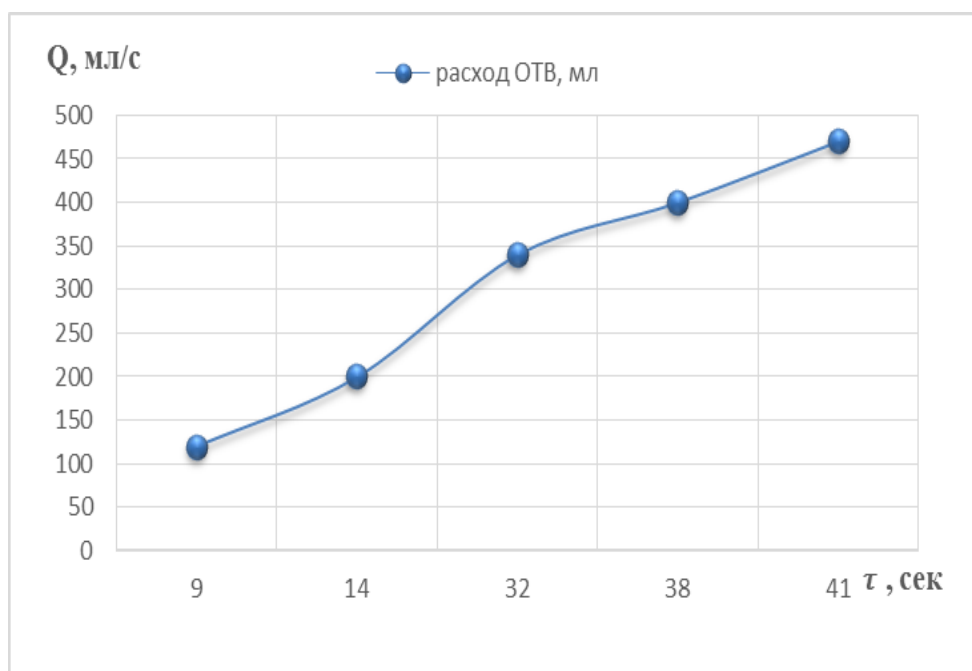


Рис. 1. Расход ОТВ в зависимости от времени

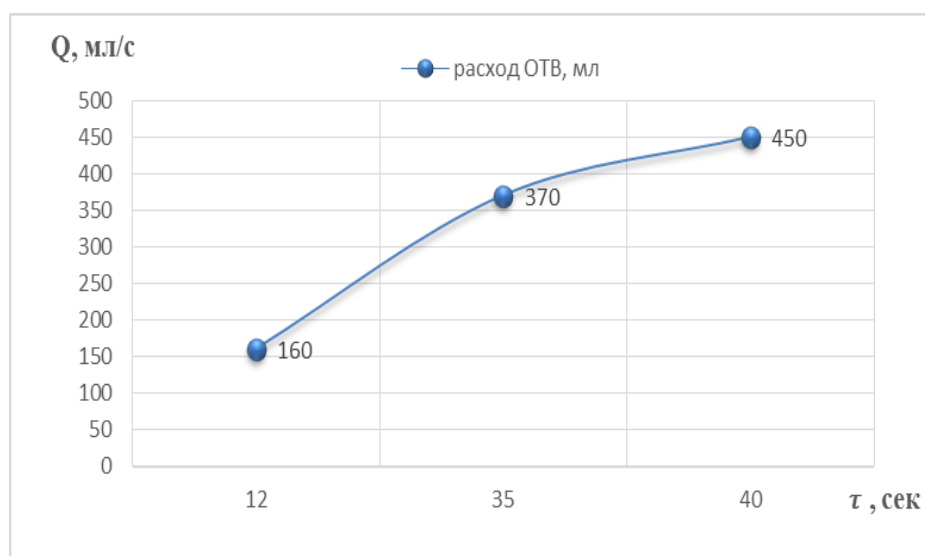


Рис. 2. Расход ОТВ в зависимости от времени и обработки ОТВ ПМЧП

Далее по известной интенсивности и соответствующему ей времени тушения определялся удельный расход ОТВ (рис. 3, 4).

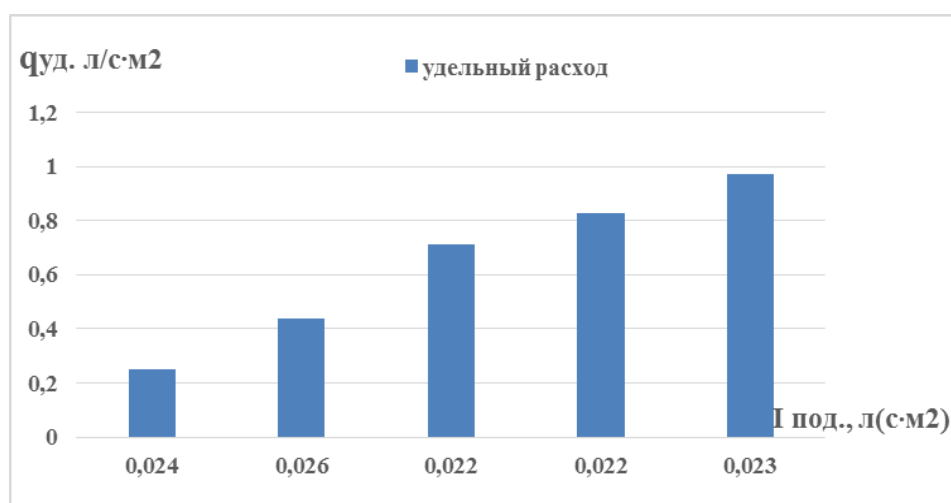


Рис. 3. Определение удельного расхода ОТВ (л/с·м²)

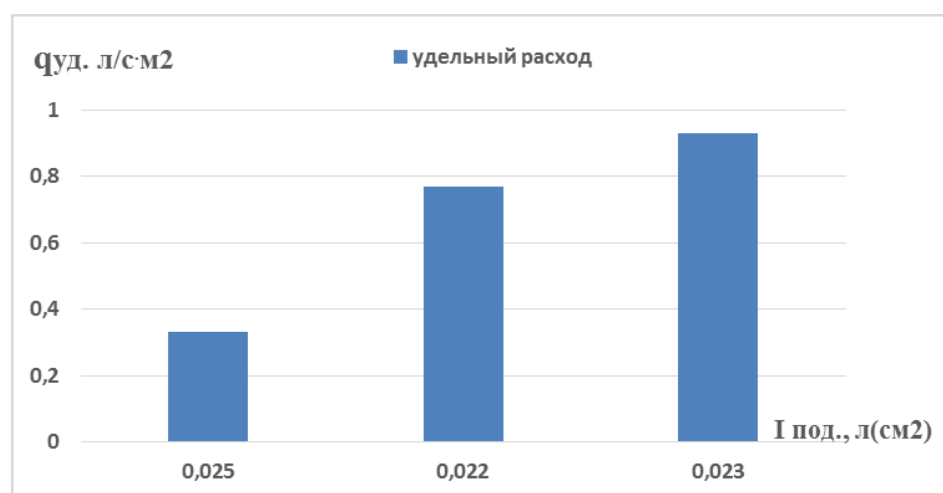


Рис. 4. Определение удельного расхода ОТВ ПМЧП (л/с·м²)

Результаты экспериментов показали:

– сокращение интенсивности подачи ОТВ и удельного расхода (рис. 1, 2) $q_{удел}$ ОТВ в 2,5 раза;

– уменьшение времени тушения на 30–40 % при использовании модифицированных водногелевых составов с воздействием ПЧМП по сравнению с водой (рис. 3, 4).

Наилучший результат был достигнут при использовании модифицированных водногелевых составов с концентрацией гелеобразующих компонентов 0,25 % [3].

В настоящее время проведено значительное количество экспериментов по использованию водногелевых составов, в том числе на основе редкосшитых акриловых полимеров (РАП), в качестве противопожарного средства.

Главным преимуществом РАП (карбопола) считается термическая, химическая и микробиологическая устойчивость, очень высокие вязкостные свойства, в том числе при небольших концентрациях полимерных веществ, отличные суспендирующие свойства, а также хорошая совместимость с многими другими веществами.

В системы пожаротушения жилых зон объектов нефтегазового комплекса в водногелевые составы на основе РАП можно также дополнительно вводить антисептики, антимикробные компоненты, антиоксиданты, антигипоксанта, противовоспалительные компоненты, тем самым ускоряя заживление ран, снижая количество гнойных осложнений, оказывая антисептическое и противовоспалительное действие на пораженные участки кожи.

Таким образом, применение модифицированных водногелевых составов на основе РАП по сравнению с традиционными ОТВ повышает эффективность использования существующих и перспективных систем пожаротушения; использование противовоспалительных компонентов в водногелевых составах расширяет возможности по оказанию доврачебной помощи пострадавшим от ожогов во время тушения пожара; применение модифицированных и комбинированных ОТВ может быть рекомендовано в качестве одного из основных направлений по совершенствованию существующих и при создании перспективных систем пожаротушения с целью повышения эффективности их применения для тушения пожаров.

Литература

1. Таранцев А.А., Чашин А.С. Применение модифицированных водных растворов для целей пожаротушения на объектах железнодорожного транспорта // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 30–38.

2. Галлямова Э.И. Оценка производственных рисков как метод управления безопасностью в нефтяной и газовой промышленности // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. № 3.

3. Гаджиев Ш.Г. Тактико-техническое обеспечение огнезащиты и тушение пожаров модифицированными водногелевыми составами на транспорте: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2015.

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ ПРИЕМНО-КОНТРОЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ

Е.Н. Бардулин, доктор экономических наук, профессор;

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены подходы к процессу поиска и принятия проектных решений на основе методологического обобщения системы принципов и способов теоретической и практической деятельности разработчиков изделий пожарной техники.

Ключевые слова: приборы приемно-контрольные пожарные, проектно-конструкторские решения

APPROACHES TO THE CREATION OF MODERN INSTRUMENTS RECEIVING-CONTROL FIRE

E.N. Bardulin; I.L. Skripnik; S.V. Voronin.

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

The approaches to the search process and making design decisions on the basis of methodological generalization of the system of principles and ways of theoretical and practical activities product development of fire equipment.

Keywords: fire alarm control panel, design solutions

Высокая эффективность применения приборов приемно-контрольных пожарных (ППКП) в современных условиях может быть достигнута преимущественно за счет их технического совершенства, ориентированного на новейшие достижения науки, практики разработки и освоения перспективных технологий производства. Подобное объединение исходных предпосылок требует новой редакции комплекса общих технических требований (ОТТ) к изделиям пожарной техники и способов их формулирования. Реализация данного положения может быть осуществлена лишь на основе разработки общей технической концепции развития техносферы подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России, предполагающей единство конструкторско-технологических принципов проектирования изделий.

Существующая в настоящее время система разработки новых образцов пожарной техники базируется в основном на частных эвристических методах технического творчества, отличительной чертой которых является:

- отсутствие единой инвариантной системы четко определенных понятий, справедливых для любого класса изделий;
- наличие субъективизма в оценке конкурентоспособности технических решений для одного типа устройств;
- невозможность использования эвристических методов в качестве теоретической базы для формирования гармонично управляемой техносферы и др.

Поэтому в практике НИОКР по образцам пожарной техники зачастую возникают принципиальные противоречия между системой ОТТ к элементам автоматической пожарной сигнализации и требованиям нормативных документов, формулируемых исходя из концепции развития подразделений ГПС МЧС России, с одной стороны, и методами поиска и принятия проектно-конструкторских решений (ПКР), направленных на реализацию ОТТ, с другой стороны. Возникновение этих противоречий обусловлено целым рядом причин:

- отсутствием цельного представления о законах и закономерностях развития пожарной техники [1];
- консерватизмом в проектировании (привычками к стереотипам), ограничивающим поле технического поиска;
- отсутствием единого методологического обеспечения инженерных разработок изделий пожарной техники;
- ориентацией методов поискового конструирования на использовании шаблонов, прототипов, изделий-аналогов, позволяющих создавать полуформализованные типовые образцы техники.

Разрешение данных противоречий возможно лишь на пути разработки теоретических и методологических основ создания новой пожарной техники, позволяющих, учитывая имеющийся научный задел по закономерностям развития изделий, создавать совокупность подходов и методов, которые эффективно можно использовать при выработке технического облика новых поколений образцов пожарной техники.

Существующие в настоящее время подходы к проектированию ППКП привели к возникновению множества частных методов и методик, начиная от обоснования необходимых потребностей и кончая технико-экономическим оцениваем частных

конструкторских решений. Однако методологического единства процесса создания новых образцов, различных типов и различного функционального назначения не достигнуто, что привело к избыточности номенклатуры изделий, их низкой унифицированности, высокой затратности процесса разработки, чрезвычайно малому использованию в конструкциях новейших достижений науки и техники.

В связи с этим назрела острая необходимость изыскания нетрадиционных подходов к процессу поиска и принятия проектных решений на основе методологического обобщения системы принципов и способов теоретической и практической деятельности разработчиков изделий пожарной техники.

Достигнутые за последние годы существенные результаты в области теории проектирования новой техники, теории выбора и принятия решений, основ современной системотехники, морфологического анализа и синтеза технических систем, инженерного управления качеством позволяет обобщить существующие в настоящее время принципы и методы поискового конструирования и решить на этой основе проблему создания единой методологии решения основных задач при проектировании технических сложных систем ППКП.

В связи с этим основными научными направлениями можно считать следующие:

1. Системный анализ проблемы создания современных образцов пожарной техники, заключающийся в:

- анализе концепции и опыта создания современных и перспективных ППКП, в том числе и передовых зарубежных стран, структуры задания требований заказывающим органом к новым образцам техники, последовательности и иерархии системы проектирования новых образцов пожарной техники;
- учете недостатков существующих подходов к теории и практике поискового конструирования;
- разработке и модернизации алгоритмов оптимального проектирования технических объектов;
- оценке возможности использования методов системного анализа для повышения эффективности поиска ПКР по новым образцам.

2. Методологические основы поиска и принятия ПКР при проектировании новой техники, заключающиеся в:

- обобщении современных методов поиска и принятия ПКР на базе теории проектирования новой техники;
- дополнении корректировки классификации систем поиска и принятия ПКР;
- разработке общих принципов постановки задачи на проектирование технических объектов, требований к выбору и описанию критериев развития технических объектов и показателей качества, математических моделей формирования облика технических объектов;
- обобщении эвристических методов технического творчества в рамках теории проектирования новой техники;
- анализе потенциальных характеристик современных методов поискового конструирования;
- формулировании и постановке задач поиска и принятия ПКР;
- разработке возможных путей преодоления противоречий между принципами практического конструирования и системой требований к техническому объекту на этапах разработки;
- представлении методологии поиска и принятия ПКР как процесса управления разработкой технического объекта.

3. Система принципов, способов организации и построения теоретической и практической деятельности в ходе разработки новых образцов пожарной техники, заключающаяся в:

- выборе стратегии и методов проектирования новой пожарной техники [2];
- обосновании критериев управления проектными работами;
- постановке задачи проектирования новых образцов пожарной техники;
- разработке методики формирования облика технических объектов на ранних стадиях проектирования с применением системы автоматического проектирования и моделей операций;
- предложении макромоделей разработки объекта пожарной техники;
- методическом обеспечении операций выбора решений в процессах управления проектированием;
- обеспечении непрерывного повышения экономической эффективности проектных решений;
- комплексной оценке уровня и качества проектируемых образцов пожарной техники.

4. Теоретические основы создания современной пожарной техники (ППКП), заключающиеся в:

- разработке модели общей задачи теории создания образцов пожарной техники;
- формализации задачи в терминах теории проектирования новой техники;
- обосновании возможных декомпозиций задачи оптимального проектирования;
- создании теоретических основ выбора проектно-конструкторских альтернатив новых разработок;
- модернизации функционально-физического метода поискового конструирования применительно к образцам пожарной техники;
- создании условий оптимальности поискового конструирования;
- разработке аппарата многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности в задачах поискового конструирования;
- разработке алгоритмов и моделей экономических основ конструирования образцов пожарной техники.

5. Синтез алгоритмов оптимизации проектно-конструкторских решений, заключающийся в:

- разработке универсальных процедур статического поиска оптимальных решений, локальных алгоритмов поиска оптимальных ПКР и алгоритма поиска глобального экстремума при проектировании конструкций;
- проведении экспериментальных исследований для обоснования алгоритмов поиска ПКР и проверки условий его прекращения;
- синтезе оптимальных функций элементов ППКП;
- создании алгоритма синтеза рациональной структуры технического объекта-ППКП;
- использовании современных прикладных программных продуктов для проведения автоматизации поискового конструирования;
- подготовке библиотеки эвристических приемов поиска новых ПКР и рекомендаций по их формализации;
- разработке методики автоматизированного выбора допустимых ПКР по образцам пожарной техники.

6. Предложения по реализации метода системного иерархического выбора конкурентоспособных решений на стадиях НИОКР по образцам пожарной техники, заключающиеся в:

- определении системы иерархического выбора конкурентоспособных решений, условий выбора актуальных, технически реализуемых потребностей, принципов определения оптимальных эксплуатационных качеств изделий пожарной техники;
- разработке методики выбора рациональной функциональной структуры технического объекта и наиболее эффективного принципа его действия, алгоритма выбора инвариантных технических решений;
- определении оптимальных параметров нового технического объекта пожарной техники;

- проведении экспериментальных исследований процедур выбора рациональной функциональной структуры образцов пожарной техники;
- подготовке практических рекомендаций по использованию методов системного иерархического выбора конкурентоспособных решений на этапах проектирования образцов пожарной техники.

7. Управление системной разработкой образцов пожарной техники при внедрении принципов оптимального проектирования, заключающейся в:

- формировании оптимальных пространств наблюдения, состояния и управления системной разработкой новых образцов пожарной техники;
- разработке содержания этапов проектирования при внедрении принципов оптимизации проектных решений, пожарной техники, количественных оценок экономической эффективности от внедрения принципов оптимального проектирования;
- создании баз данных при реализации процедур выбора и принятия оптимальных ПКР и способов ее организации;
- подготовке предложений по организации информационного обеспечения поискового конструирования и разрешении конфликтных проектных ситуаций.

Решение данных научных направлений позволит получить ряд важнейших теоретических и практических результатов, к основным из которых следует отнести следующее:

- а) анализ современного состояния и пути решения проблемы управления качеством изделий пожарной техники;
- б) методологические основы совершенствования процедур поиска и принятия ПКР в процессе разработки новых образцов пожарной техники:
 - классифицирование законов и закономерностей развития пожарной техники;
 - методы проектирования новых технических объектов пожарной техники;
 - принципы системного иерархического выбора конкурентоспособных ПКР;
- в) в основы теории оптимального проектирования изделий пожарной техники:
 - постановка задачи анализа и синтеза гармонично управляемой техносферы подразделений ГПС МЧС России;
 - обоснование возможных декомпозиций исходной задачи формирования технического облика изделия пожарной техники на основе системного анализа;
 - элементы теории оптимизации проектных решений;
 - критерии и показатели в задачах поиска и принятия ПКР;
 - определение необходимых и достаточных условий для реализации оптимальных алгоритмов поискового конструирования;
 - алгоритмы функционально-физического метода поискового конструирования образцов пожарной техники;
 - методы оценки технико-экономической эффективности базовых конструкций изделий;
 - основы управления системной разработкой новых образцов пожарной техники;
- г) практические аспекты реализации методов и алгоритмов решения основных типовых проектных задач на стадиях НИОКР по разработке образцов пожарной техники;
- д) предложения по применению в системе разработки новых образцов пожарной техники теоретических и методологических основ поискового конструирования.

Результатом реализации предложенных направлений является обобщение и развитие теоретических и методологических основ создания образцов пожарной техники – ППКП в условиях системного иерархического выбора конкурентоспособных проектных решений, как нового перспективного направления теории проектирования новой пожарной техники [2, 3].

На основе обобщения современных методов проектирования изделий пожарной техники, исследования основных форм их технической эволюции, приспособления к взаимодействию с промышленно-функциональной средой может появиться эффективная система принципов, способов организации и построения теоретической и практической

деятельности в ходе создания современных образцов пожарной техники, научных рекомендаций по описанию и применению методов решения основных типовых проектных задач для повышения управления качеством пожарной техники при их разработке и производстве в интересах подразделений ГПС МЧС России.

Литература

1. Скрипник И.Л., Воронин С.В. К вопросу о современном состоянии теории проектирования новых образцов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2017. С. 218–220.

2. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к процессу поиска и принятия решения при создании современных образцов пожарной техники // Система обеспечения пожарной безопасности. Состояние, тенденции, пути развития: сб. статей и докладов науч.-практ. конф. СПб.: Военный ин-т (инж.-техн.), 2017. С. 218–222.

3. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Расчет вероятности возникновения пожара от электрического изделия // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 1 (41). С. 50–59.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ И СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ИНТУМЕСЦЕНТНОГО ТИПА

Е.В. Головина;

О.В. Беззапонная, кандидат технических наук, доцент.

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург

Проанализировано влияние минеральных наполнителей на термостойкость и горючесть интумесцентного огнезащитного состава на основе силиконового связующего методом термического анализа. Установлено повышение термостойкости и огнезащитной способности состава при введении кремнийсодержащих наполнителей (волластонита и алюмосиликатных микросфер), о чем свидетельствуют данные термогравометрических, дифференциально-термогравиметрических методов исследования и метода дифференциально-сканирующей калориметрии.

Ключевые слова: огнезащитный состав интумесцентного типа, термостойкость, кремнийсодержащие компоненты, синхронный термический анализ, дифференциально-термогравометрический метод, дифференциально-сканирующая калориметрия

THE INFLUENCE OF SILICEOUS COMPONENTS ON THE THERMAL STABILITY AND DECREASE OF FLAMMABILITY OF FIRE-RETARDANT INTUMESCENT COMPOSITIONS

E.V. Golovina; O.V. Bezzaponnaya.

Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg

The article analyzes the influence of mineral fillers on the thermal stability and combustibility of silicone intumescent flame retardant by thermal analysis. The increase of heat resistance and flame retardant ability of the composition with the introduction of siliceous

components (wollastonite and aluminosilicate microspheres) was established, as evidenced by the data of thermogravimetric, differential-thermogravimetric methods of research and the method of differential scanning calorimetry.

Keywords: intumescent fire-protective composition, thermal stability, siliceous components, synchronous thermal analysis, differential thermogravimetric method, differential scanning calorimetry

Практика показывает, что применение огнезащитного покрытия является одним из наиболее экономичных способов защиты металлических конструкций на объектах нефтегазового комплекса. Для разработки огнезащитных покрытий перспективными являются композиции интумесцентного типа (терморасширяющиеся). Это относительно новый класс материалов, интерес к которым вызван как их достаточно высокой огнезащитной эффективностью, так и удобством применения. При воздействии огня и теплового излучения покрытие образует огнезащитный вспененный теплоизолирующий слой, имеющий объем во много раз больше первоначального объема покрытия [1].

Одним из основных факторов, определяющих работоспособность огнезащитных составов, является его термостойкость, то есть способность огнезащитного состава (ОЗС) сохранять химические и физические свойства при повышении температуры [2]. В соответствии с требованиями, предъявляемыми такими отраслями промышленности, как авиационная, нефтегазовая, энергетическая, разработка огнезащитных материалов с повышенной термостойкостью приобретает особую актуальность.

По мнению некоторых авторов [3–4], наиболее перспективными с позиции термостойкости являются ОЗС на силиконовой основе, однако испытания методом синхронного термического анализа показали высокий экзотермический эффект $Q=11\ 300$ Дж/г (рис. 1) его термолита. В связи с этим целью исследований являлось повысить термостойкость и понизить горючесть огнезащитного покрытия на основе силиконового связующего. Одним из распространенных и надежных способов повышения термостойкости и снижения горючести материалов является введение в состав композиции минеральных компонентов. При введении минеральных наполнителей уменьшается относительное содержание горючей составляющей покрытия, изменяются его теплофизические характеристики, а также условия тепло- и массообмена при горении. Минеральный наполнитель позволяет повысить термостойкость, химическую стойкость покрытия, улучшает его огнестойкие характеристики [5].

Объектом исследования являлся огнезащитный материал на основе силиконового связующего для металлических конструкций. В качестве компонентов, влияющих на термостойкость и снижающих горючесть ОЗС, были выбраны кремнийсодержащие компоненты волластонит и алюмосиликатные микросферы, а также кальций углекислый, который не является кремнийсодержащим, но относится к минеральным наполнителям. В качестве метода исследования изменений огнезащитных свойств покрытий применялся метод синхронного термического анализа [6–9] и метод определения коэффициента терморасширения (вспучивания) при нагреве [10]. Исследования проводили в среде воздуха в интервале температур $25\div 150$ °С, со скоростью нагрева 20 К/мин. Содержание добавок варьировалось от 2 до 20 % по массе. Задачей исследования являлось изучение влияния вышеуказанных минеральных наполнителей на термостойкость и горючесть модифицированных составов.

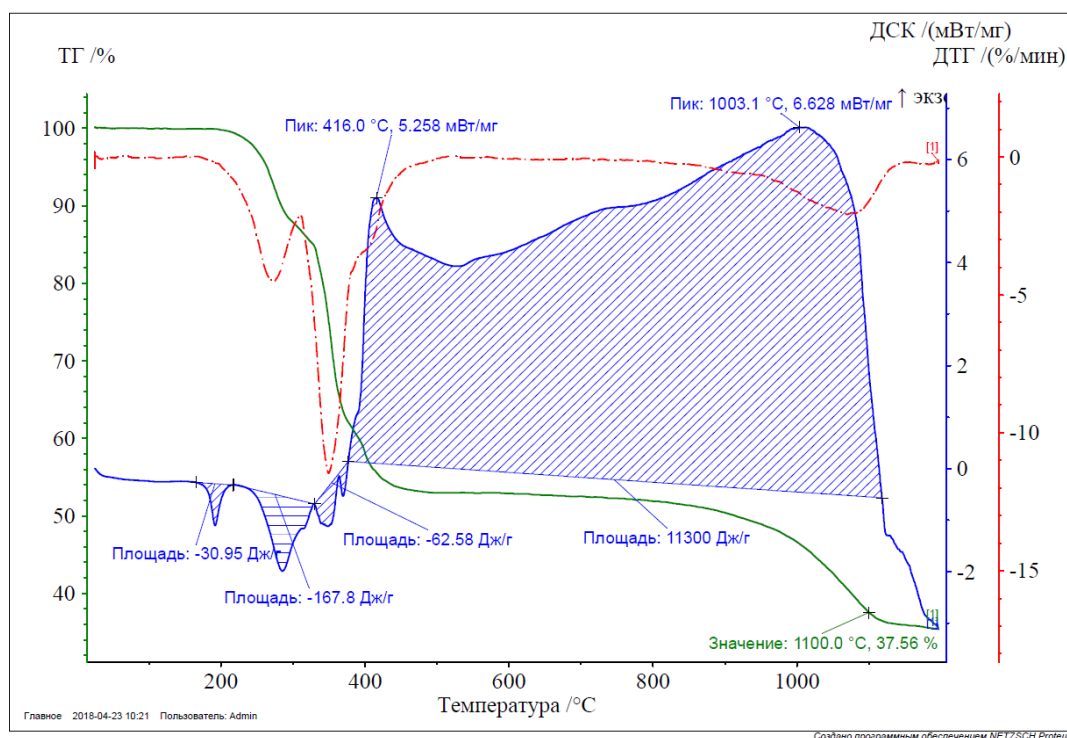


Рис. 1. Термограмма исходного ОЗС на основе силиконового связующего

Обсуждение полученных результатов

Полученные термограммы, представленные на рис. 2 (а–в), иллюстрируют изменение термogrавиметрических (ТГ) и дифференциально-термogrавиметрических (ДТГ) характеристик исследуемого ОЗС в зависимости от введения минеральных наполнителей в разных пропорциях.

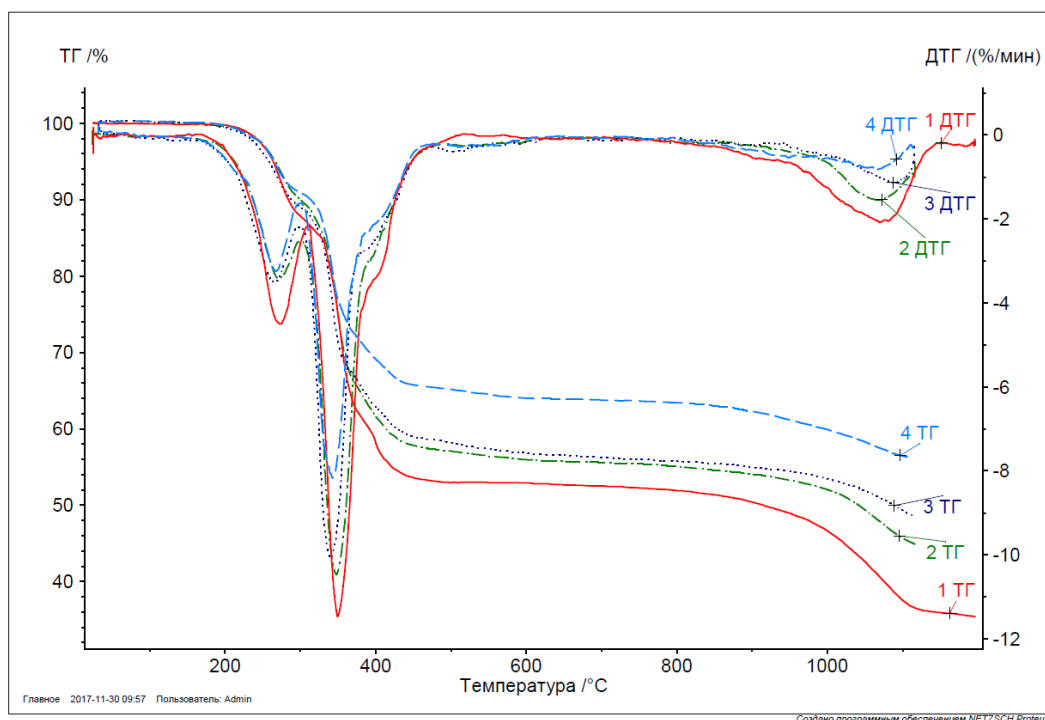


Рис. 2 а. Термограммы ОЗС с добавками волластонита:
 1 – исходный ОЗС; 2 – ОЗС + 5 % волластонита;
 3 – ОЗС + 10 % волластонита; 4 – ОЗС + 20 % волластонита

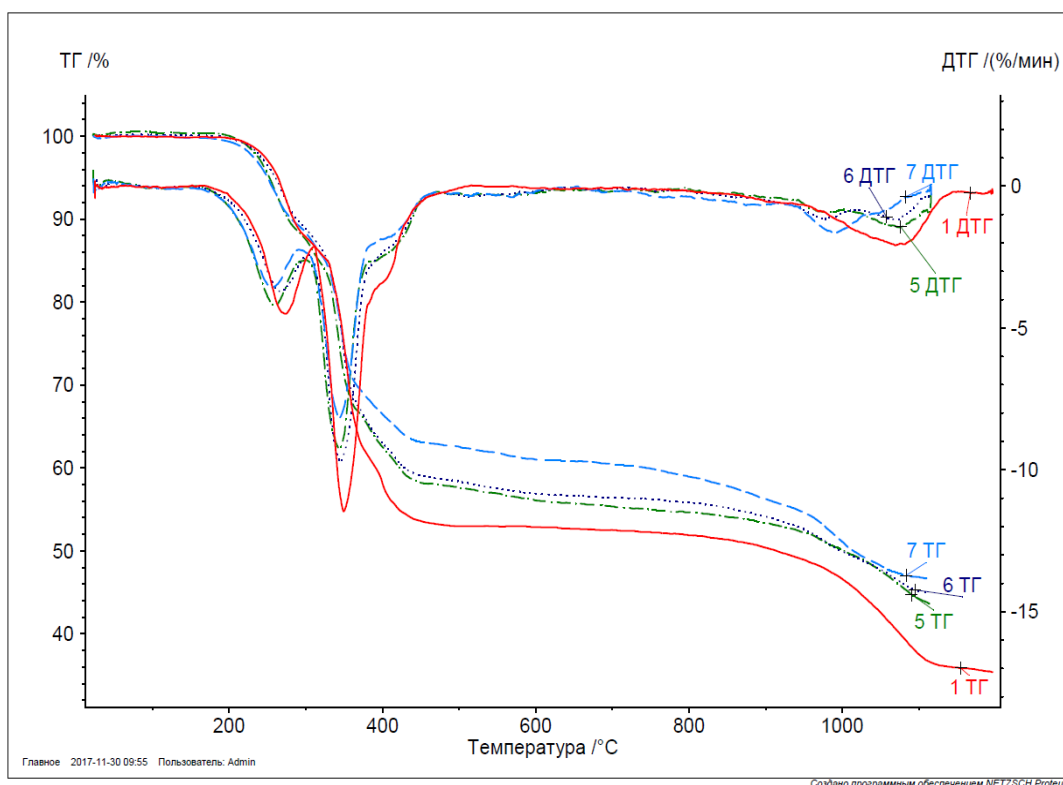


Рис. 2 б. Термограммы ОЗС с добавками карбоната кальция:
 1 – исходный ОЗС; 5 – ОЗС + 5 % CaCO_3 ; 6 – ОЗС + 10 % CaCO_3 ; 7 – ОЗС + 20 % CaCO_3

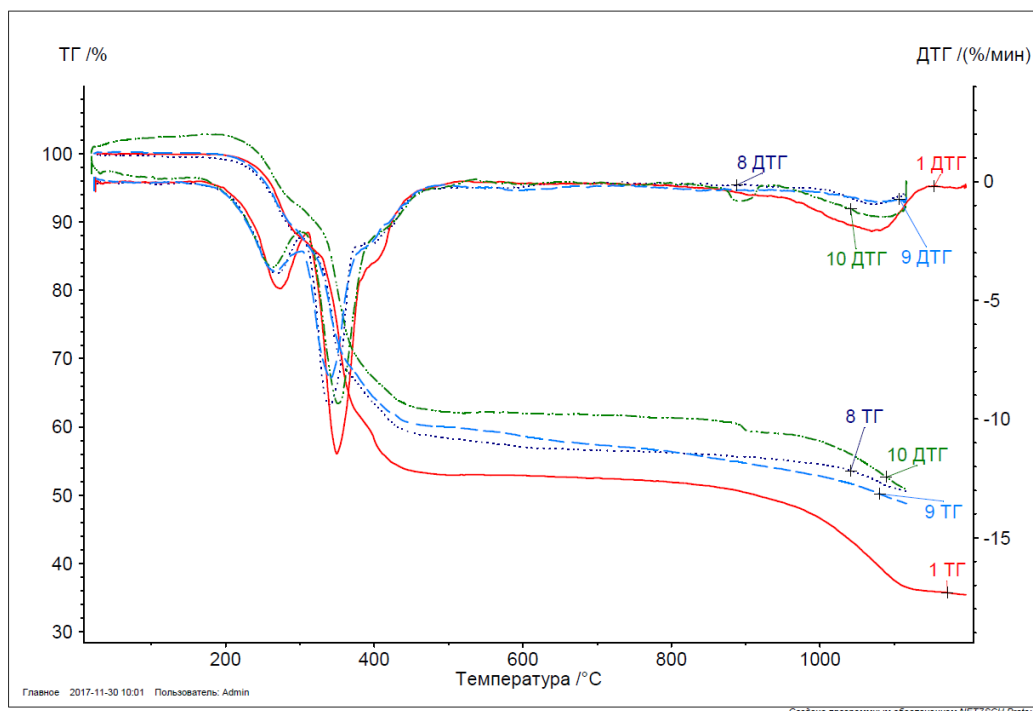


Рис. 2 в. Термограммы ОЗС с добавками алюмосиликатных микросфер:
 1 – исходный ОЗС; 8 – ОЗС + 5 % алюмосиликатных микросфер;
 9 – ОЗС + 7 % алюмосиликатных микросфер; 10 – ОЗС + 10 % алюмосиликатных микросфер

Результаты обработки ТГ кривых с помощью программного обеспечения NETSCH Proteus Thermal Analysis приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты ТГ анализа ОЗС на основе силиконового связующего

№ п/п	Наполнитель	Содержание, % (масс.)	Потеря массы Δm , %, при температуре, °С		$3O^{1100}$, %	$\Delta 3O$, %
			Δm_{400}	Δm_{800}		
1	Нет	0	41,57	47,82	37,56	0
2	Волластонит	5	38,32	44,93	45,66	8,86
3	Волластонит	10	33,85	38,46	52,27	5,01
4	Волластонит	20	30,91	36,15	56,66	-0,6
5	Кальций углекислый	5	38,5	45,07	47,23	4,97
6	Кальций углекислый	10	36,06	42,34	47,02	1,6
7	Кальций углекислый	20	33,22	40,73	49,75	-7,51
8	Алюмосиликатные микрошферы	5	34,22	39,05	50,93	8,67
9	Алюмосиликатные микрошферы	7	35,76	43,61	49,39	5,13
10	Алюмосиликатные микрошферы	10	37,77	47,26	51,5	4,24

Примечание: $3O^{1100}$ – зольный остаток при температуре 1 100 °С; $\Delta 3O$ – прирост зольного остатка

ТГ анализ модифицированного состава показал, что введение добавок карбоната кальция, волластонита и алюмосиликатных микрошфер приводит к уменьшению потери массы, что свидетельствует о повышении термостойкости огнезащитной композиции, особенно после окончания формирования пенококса ($T > 350$ °С). О повышении термостойкости модифицированного состава свидетельствует и высокое значение зольного остатка при температуре 1 100 °С. Однако наибольший прирост зольного остатка ($\Delta 3O$) наблюдается при 5 % добавке кремнийсодержащих наполнителей (волластонита и алюмосиликатных микрошфер). Это свидетельствует о том, что кремнийсодержащие соединения участвуют в формировании пенококса. Алюмосиликатные микрошферы, в частности, являются каталитическими центрами, на которых зарождается интумесцентный процесс (являются зародышобразователями пенококса), укрепляя тем самым его структуру, но только до определенной концентрации добавки минеральных частиц. При этом повышение термостойкости огнезащитного материала после добавки кремнийсодержащих соединений обусловлено не только уменьшением доли горючих компонентов, поскольку сами минеральные наполнители являются негорючими, но и участием в формировании структуры пенококса (армированием) за счет образования межцепных связей.

Добавка карбоната кальция также приводит к повышению зольного остатка, но только при низком содержании компонента (5 %), так как в отличие от кремнийсодержащих наполнителей карбонат кальция при термическом разложении в интервале температур 820÷880 °С выделяет флегматизатор процесса окисления пенококса – углекислый газ, что приводит к дополнительной потере массы и уменьшению зольного остатка.

Таким образом, результаты ТГ анализа свидетельствуют о том, что природа минерального наполнителя оказывает влияние на термостойкость огнезащитного материала. Наилучшие результаты по термостойкости модифицированных составов получены при введении 5 % добавки алюмосиликатных микрошфер, что обусловлено каталитическими процессами, протекающими на их поверхности.

Результаты ДТГ метода анализа исходного ОЗС с силиконовым связующим свидетельствуют о наличии трех пиков, характеризующих интенсивность потери массы. Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты ДТГ анализа ОЗС
на основе силиконового связующего**

№ п/п	Наполнитель	Содержа- ние, % (масс)	T _{ДТГ1} , °С	υ _{ДТГ1} , %/мин	T _{ДТГ2} , °С	υ _{ДТГ2} , %/мин	T _{ДТГ3} , °С	υ _{ДТГ3} , %/мин
1	Нет	0	272,8	4,5	349,3	11,62	1 026	2,0
2	Волластонит	5	269,0	4,1	341,2	10,3	1 067,6	1,7
3	Волластонит	10	264,9	3,9	340,7	9,5	1 070,6	1,1
4	Волластонит	20	265,0	3,3	344,1	8,7	1 058,0	0,9
5	Кальций углекислый	5	264,2	4,2	345,2	10,4	1 076,3	1,6
6	Кальций углекислый	10	267,0	4,0	344,5	10,6	1 071,1	1,2
7	Кальций углекислый	20	255,6	3,6	344,6	8,2	994,7	1,8
8	Алюмосиликатные микрофферы	5	265,4	3,8	344,3	9,3	1 074,1	1,2
9	Алюмосиликатные микрофферы	7	263,5	3,8	343,6	9,1	1 045,4	0,9
10	Алюмосиликатные микрофферы	10	255,9	3,7	345,5	9,5	1 089,3	1,0

Примечание: T_{ДТГ} – максимальная температура потери массы; υ_{ДТГ} – максимальная скорость потери массы

Первый пик в интервале температур 200–300 °С характеризует потерю массы за счет разложения пентаэритрита и полифосфата аммония с выделением паров воды и аммиака. Наиболее интенсивный пик наблюдается в интервале температур 300–400 °С, характеризующий процесс формирования углерод-фосфорного скелета интумесцентного слоя в результате вспенивания углерод-фосфорного геля. Третий пик в интервале температур 1 000–1 100 °С свидетельствует об окислении (выгорании) пенококка с образованием зольного остатка. Для повышения огнезащитной эффективности важно, чтобы ДТГ пики, характеризующие процесс интумесценции, сместились в область меньших температур, а ДТГ пик, характеризующий процесс горения пенококка, сместился в область более высоких температур, и интенсивность его была как можно меньше.

В результате анализа ДТГ кривых установлено, что первые два пика, характеризующие процесс интумесценции, действительно незначительно смещаются в область меньших температур (первый пик на 3÷9 %, второй пик на 8÷16 %). Однако скорость потери массы при этом снижается, что связано с нежелательным уменьшением кратности вспучивания. Пик, характеризующий горение пенококка, смещается в область высоких температур (на 19÷63 °С), а интенсивность его уменьшается (на 0,2÷1,1 %/мин), особенно в случае с кремнийсодержащими добавками, что свидетельствует о повышении термостойкости пенококка. В случае с добавкой карбоната кальция 20 % ДТГ пик смещается в область низких температур, то есть термостойкость пенококка наоборот снижается, что можно объяснить разрушительным действием на пенококк оксида кальция, образующегося после термического разложения карбоната кальция в интервале температур 820÷880 °С.

ДСК кривые, полученные при анализе силиконового ОЗС, приведены на термограммах (рис. 3 (а–в)).

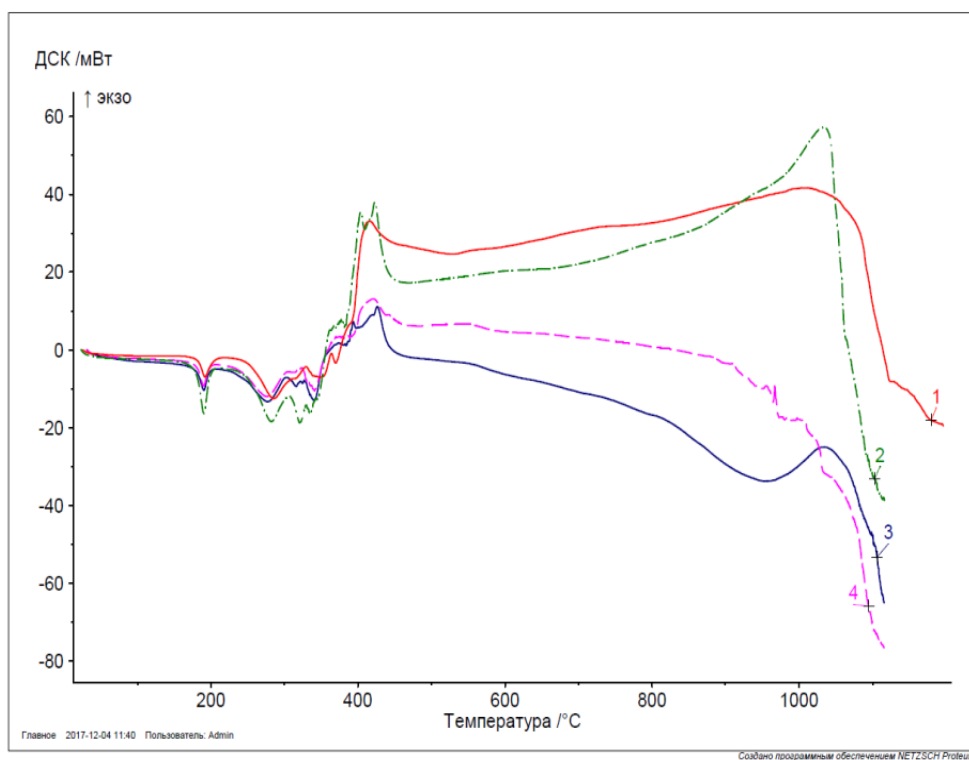


Рис. 3 а. ДСК кривые ОЗС с добавками волластонита:
1 – исходный ОЗС; 2 – ОЗС + 5 % волластонита;
3 – ОЗС + 10 % волластонита; 4 – ОЗС + 20 % волластонита

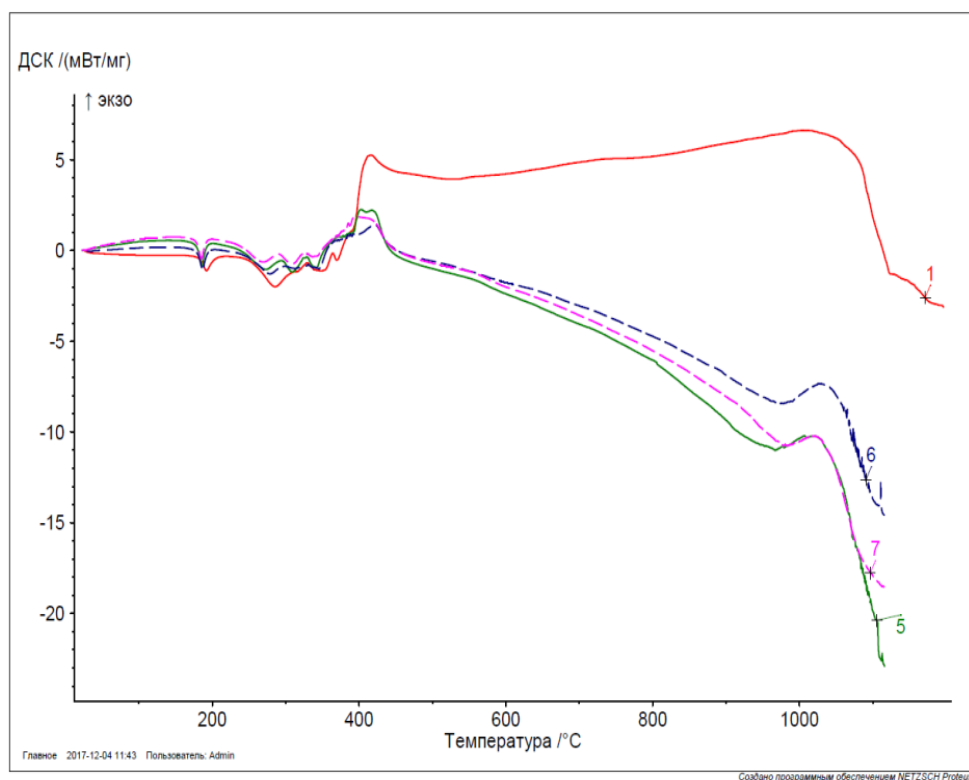


Рис. 3 б. ДСК кривые ОЗС с добавками карбоната кальция:
1 – исходный ОЗС; 5 – ОЗС + 5 % CaCO₃; 6 – ОЗС + 10 % CaCO₃; 7 – ОЗС + 20 % CaCO₃

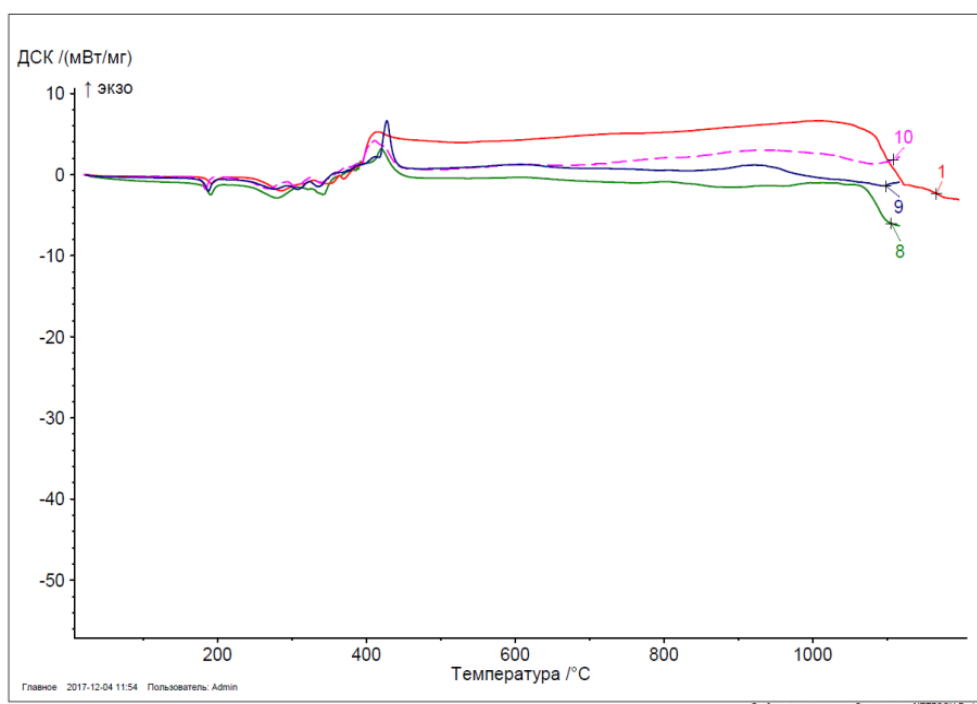


Рис. 3 в. ДСК кривые ОЗС с алюмосиликатных микросфер:
1 – исходный ОЗС; 8 – ОЗС + 5 % алюмосиликатных микросфер;
9 – ОЗС + 7 % алюмосиликатных микросфер; 10 – ОЗС + 10 % алюмосиликатных микросфер

Теплофизические характеристики, полученные в результате анализа ДСК кривых с помощью программного обеспечения NETSCH Proteus Thermal Analysis и определения коэффициента вспучивания, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Термохимические и теплофизические характеристики ОЗС с модифицирующими добавками на основе силиконового связующего

№ п/п	Наполнитель	Содержание, % (масс.)	$T_{ДСК}, ^\circ C$	$\sum Q_{\text{эндо пиков}}$ Дж/г	$\sum Q_{\text{экзо пиков}}$ Дж/г	$\sum Q,$ Дж/г	Коэф. вспуч-я
1	Нет	0	1 003,1	236,3	10 840,0	10 603,7	40,86
2	Волластонит	5	1 055,4	167,8	3 005,8	2 838,0	32,67
3	Волластонит	10	1 045,5	178,1	3 023,4	2 845,2	26,07
4	Волластонит	20	>1 120	181,2	3 909,5	3 728,3	19,42
5	Кальций углекислый	5	1 033,6	170,2	2 777,4	2 607,2	32,42
6	Кальций углекислый	10	1 023,9	192,9	3 468,6	3 275,7	25,51
7	Кальций углекислый	20	1 024,3	147,3	3 266,0	3 118,7	15,97
8	Алюмосиликатные микросферы	5	>1 120	180,2	2 235,3	2 055,1	33,84
9	Алюмосиликатные микросферы	7	>1 120	213,4	1 938	1 724,6	32,05
10	Алюмосиликатные микросферы	10	1 071,4	214,9	1 120,6	905,7	25,44

Экзотермический эффект после введения модифицирующих добавок снижается в несколько раз уже при малой степени наполнения (5 %), что свидетельствует о снижении горючести пенококса и, соответственно, повышении огнезащитной эффективности анализируемого состава. Однако при этом снижается и коэффициент вспучивания.

Установлено, что температурный максимум экзотермического пика, характеризующий горение пенококса, смещается в область высоких температур, особенно это ярко выражено для композиции с волластонитом и алюмосиликатными микросферами. Суммарный эндотермический эффект в целом для всех модифицированных материалов уменьшается, что согласуется с результатами ДТГ анализа, свидетельствующими о снижении интенсивности процесса интумесценции. Результаты исследования скорости тепловыделения исходного и модифицированных огнезащитных материалов в ходе термоокислительной деструкции полимерного связующего (экзотермический пик в температурном интервале 400÷600 °С) представлены в табл. 4.

Таблица 4. Скорость тепловыделения в результате термоокислительной деструкции ОЗС на основе силиконового полимерного связующего

№ п/п	Наполнитель	Содержание, % (масс.)	Скорость тепловыделения, мВт/мг/мин
1	Исходный ОЗС на силиконовой основе	0	3,04
2	Волластонит	5	2,59
3	Волластонит	10	1,60
4	Волластонит	20	1,20
5	Кальций углекислый	5	1,81
6	Кальций углекислый	10	1,34
7	Кальций углекислый	20	1,43
8	Алюмосиликатные микросферы	5	2,29
9	Алюмосиликатные микросферы	7	2,00
10	Алюмосиликатные микросферы	10	1,24

Исследования показали, что при повышении содержания модифицирующих добавок скорость тепловыделения снижается на 33,2÷59,9 %, что свидетельствует о снижении горючести модифицированных огнезащитных композиций и, как следствие, способствует повышению огнезащитной эффективности.

Результаты исследований ОЗС на основе силиконового связующего, модифицированного минеральными компонентами, показали, что введение в состав композиции кремнийсодержащих добавок (волластонита или алюмосиликатных микросфер) в размере 2÷10 % (масс.) приводит к повышению термостойкости огнезащитного покрытия (зольный остаток повышается на 27÷40 %) и повышению его удельной теплоемкости в интервале температур 500÷900 °С на 3,26÷4,56 Дж/г·К. Кроме этого, тепловой эффект снижается более чем в три раза, о чем свидетельствуют результаты, полученные методом ДСК. Добавка карбоната кальция не дала комплексного положительного эффекта. Оптимальное содержание кремнийсодержащих добавок составило 5 %.

Таким образом, использование кремнийсодержащих наполнителей является эффективным способом повышения термостойкости и снижения горючести терморасширяющихся огнезащитных материалов, в частности, на основе силиконового связующего.

Литература

1. Крашенинникова М.В. Тенденции и перспективы разработки композиций вспучивающихся огнезащитных покрытий для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. 2008. № 2. С. 36–39.
2. Митрофанова С.Е. Термостойкость лакокрасочных покрытий на основе полимеров и способы ее увеличения // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17.

Вып. 23. С. 180–181.

3. Вспучивающееся огнезащитное покрытие: пат. 2274459 Великобритания. МПК C09D 5/18; Свон Майкл Д., Букингэм Марк Р. № 9301271; заявл. 22.01.1993; опубл. 17.03.1993.

4. Огнезащитная полимерная композиция: пат. 2612720 Рос. Федерация, МПК C09K 21/14, C09D 5/18; А.А. Константинов, Е.В. Москалев. № 2015157448; заявл. 31.12.2015; опубл. 13.03.2017.

5. Anyszka R., Bielin D.M., Pe Z., Parys G., Rybin P., Zarzecka-Napierała M., Imiela M., Gozdek T., Sicin M., Okraska M., Ziabka M., Szumera M. Effect of mineral filler additives on flammability, processing and use of silicone-based ceramifiable composites // Polymer Bulletin. 2018. Vol. 75. Issue 4. Pp. 1 731–1 751. URL: <https://doi.org/10.1007/s00289-017-2113-0> (дата обращения: 21.01.2018).

6. Беззапонная О.В., Головина Е.В. Оценка влияния минеральных наполнителей на термостойкость и горючесть огнезащитного состава интумесцентного типа на силиконовой основе // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 91. Вып. 1. С. 104–109.

7. Пути совершенствования огнезащитных терморасширяющихся составов для использования на объектах нефтегазового комплекса / О.В. Беззапонная, Е.В. Головина, А.Ю. Акулов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 12. С. 14–24.

8. Применение метода термического анализа для комплексного исследования и совершенствования вспучивающихся огнезащитных составов / О.В. Беззапонная, Е.В. Головина, Т.Х. Мансуров [и др.] // Техносферная безопасность. 2017. № 2 (15). С. 3–7.

9. Беззапонная О.В., Головина Е.В., Мансуров Т.Х. Особенности проведения испытаний огнезащитных материалов интумесцентного типа методом термического анализа в условиях углеводородного пожара // Техносферная безопасность. 2017. № 3(16). С. 44–49.

10. Оценка качества огнезащиты и установления вида огнезащитных покрытий на объектах: руководство. М.: ВНИИПО, 2010.

К ВОПРОСУ ОБ ОБНАРУЖЕНИИ НА МЕСТЕ ПОЖАРА СЛЕДОВ СВЕТЛОГО НЕФТЕПРОДУКТА – ИНИЦИАТОРА ГОРЕНИЯ В СЛУЧАЯХ ПОДЖОГОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.А. Астанков, кандидат технических наук, доцент.

Войсковая часть № 48273, Санкт-Петербург.

Н.Р. Казакова, кандидат технических наук.

**Отдел надзорной деятельности и профилактической работы Кировского
района Управления надзорной деятельности и профилактической работы
Главного управления МЧС России по г. Санкт-Петербургу**

Рассмотрен подход к обнаружению на месте пожара автотранспортного средства следов светлого нефтепродукта, использованного при умышленном поджоге в качестве инициатора горения. Применение предлагаемого подхода специалистами пожарно-технического профиля при проведении пожарно-технической экспертизы обеспечит возможность повышения достоверности установления причин пожаров автотранспортных средств.

Ключевые слова: автотранспортные средства, инициатор горения, светлые нефтепродукты, пожарно-техническая экспертиза, идентификация

TO THE QUESTION OF DETECTION ON THE PLACE OF THE FIRE OF TRACES OF LIGHT OIL PRODUCT – THE INITIATOR OF BURNING IN CASES OF ARSONS OF VEHICLES

A.K. Chernykh. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Astankov. Military unit 48273, Saint-Petersburg.

N.R. Kazakova. Department of supervising activity and scheduled maintenance of Kirovsky district of management of supervising activity and scheduled maintenance of Saint-Petersburg Directorate of EMERCOM of Russia

Approach to detection on the place of the fire of the vehicle of traces of the light oil product used at a deliberate arson as the initiator of burning is considered. Application of the offered approach by experts of a fire and technical profile when conducting fire investigation will provide a possibility of increase in reliability of establishment of the reasons of the fires of vehicles.

Keywords: vehicles, initiator of burning, light oil products, fire investigation, identification

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям различных аспектов проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации транспортных средств. При этом рассматриваются вопросы обеспечения безопасности как отдельных транспортных средств (включая, в частности, автотранспортные средства), так и больших транспортных систем [1]. Так как функционирование современных транспортных систем объективно требует реализации достижений передовых информационных технологий, в качестве одного из перспективных направлений в настоящее время рассматривается создание интеллектуальных систем транспортной безопасности [2]. Вместе с тем в рамках решения проблемы обеспечения транспортной безопасности к числу наиболее актуальных задач относится задача обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации транспортных средств. Большое значение для обеспечения пожарной безопасности имеет своевременная профилактика пожаров. Известно, что необходимым условием эффективного проведения мероприятий по профилактике пожаров является наличие достоверной информации о причинах пожаров. В связи с этим ключевое значение имеет задача установления причины пожара, решаемая при проведении пожарно-технической экспертизы. В интересах совершенствования мероприятий пожарно-технической экспертизы, проводимой, в частности, для установления причин возникновения пожаров автотранспортных средств, определенное внимание направлено также на исследование возможности установления причины пожара на основе моделирования пожароопасных режимов [3].

Следует заметить, что предлагаемый методический подход дополняет возможности существующих методик обнаружения и последующей идентификации светлых нефтепродуктов (СНП), а также соответствующих технических средств, применяющихся при проведении пожарно-технической экспертизы с целью установления причин пожаров автотранспортных средств.

Так как реализация предлагаемого подхода предполагается в рамках определенного сценария работы специалистов пожарно-технического профиля, при проведении пожарно-технической экспертизы будет целесообразным рассмотреть как состав, так и содержание основных этапов данного сценария.

Перечислим указанные основные этапы:

- 1) Обнаружение, определение границ и анализ особенностей очага пожара;
- 2) Выбор вида пробоотборника, исходя из характеристик среды, в которой находится СНП, и определение точек отбора проб;
- 3) Отбор проб среды-носителя СНП на месте пожара (пробоотбор);
- 4) Пробоподготовка образцов среды, полученных на месте пожара;
- 5) Элементный количественный анализ образцов проб среды;

- 6) Корректировка значений количественных содержаний металлов в пробах среды-носителя СНП с учетом наличия в них «фоновых концентраций»;
- 7) Решение задачи идентификации СНП – инициатора горения;
- 8) Получение данных о виде, марке и изготовителе СНП [4].

Рассмотрим краткое содержание представленных выше этапов.

На первом этапе специалистами пожарно-технического профиля должно быть обеспечено выполнение всех общих требований к проведению дознания по факту пожара автотранспортного средства. Указанным специалистам целесообразно применять так называемые полевые методы, которые позволяют обнаружить места наибольших концентраций в воздухе паров СНП, выявить зоны, где целесообразен отбор образцов проб для лабораторных исследований. Следует отметить, что в случае умышленного поджога автотранспортного средства может быть обнаружен не один, а несколько очагов пожара. Отметим также, что возможна ситуация, когда СНП, примененный в качестве инициатора горения, находится вне очага пожара. Например, концентрация данного СНП, находящегося в труднодоступных местах автотранспортного средства, за счет разлива может превышать концентрацию данного СНП в очаге пожара. Кроме того, если на месте парковки автотранспортного средства рельеф поверхности грунта или твердого покрытия в рамках исследуемой площади имеет выраженные неровности (имеются значительные углубления, ямки, трещины или др.), высока вероятность нахождения следов СНП в таких местах, расположенных ниже других участков относительно линии горизонта. Во всех подобных случаях можно рекомендовать производить дополнительный отбор образцов проб среды в указанных выше местах [4].

На втором этапе необходимо осуществить выбор вида пробоотборника, исходя из характеристик среды (грунт, жидкость, твердая поверхность), в которой предполагается обнаружить следы СНП и определить точки отбора проб на месте пожара автотранспортного средства с учетом особенностей очага пожара. Отметим случаи, когда целесообразно использовать пробоотборники для жидкости (воды): неглубокая лужа на асфальте или твердом грунте, глубокая колея в рыхлом грунте под колесом, наполненная водой. Отметим также, что в случае частичного сгорания автомобиля в зимнее время и наличия под колесом автомобиля сохранившегося слоя плотного снега целесообразно использовать пробоотборник почв и грунтов [4].

На третьем этапе производится пробоотбор образцов среды-носителя СНП на месте пожара. С помощью соответствующего пробоотборника, подходящего для среды, в которой предположительно находятся следы СНП (грунт (почва), жидкость (вода), твердые поверхности (асфальт, бетон и др.), необходимо произвести отбор образцов проб данной среды в очаге пожара либо на том участке, где возможно обнаружение следов СНП. Необходимо также произвести отбор не менее пяти образцов проб на удалении 1,5–2 м от границ очага пожара, в пределах площади которого предположительно находятся следы СНП, с целью определения естественного уровня содержания в окружающей среде на месте пожара каждого анализируемого металла (так называемые «фоновые концентрации» и соответствующие им «фоновые» пробы) [5]. Полученные в результате пробоотбора образцы проб необходимо поместить в соответствующие герметичные емкости с маркировкой. Кроме того, согласно данным работы [5], значительная часть пожаров автомобилей при умышленных поджогах возникает в салоне автомобиля (то есть очаг пожара находится в салоне автомобиля), и нередко «поджигатели» используют различные емкости (чаще всего – пластиковые бутылки) с СНП или их смесью (в большинстве случаев используются однородные жидкости). После разлива СНП по салону использованную емкость очень часто оставляют в салоне автотранспортного средства или на незначительном удалении от места пожара. При обнаружении такой емкости на месте пожара автотранспортного средства или на некотором удалении от него необходимо ее изъять и поместить в герметичную упаковку для последующего анализа в исследовательской пожарной лаборатории. Негативное воздействие на состав СНП, содержащегося в изъятной емкости, могут оказать такие факторы, как температура окружающей среды и время хранения данной емкости. В частности, по истечении

значительного промежутка времени (более суток) углеводородная составляющая СНП может испариться или трансформироваться [4].

При наличии указанных выше обстоятельств идентифицировать СНП, содержащийся в полученной пробе, с помощью методик, применяемых при проведении пожарно-технической экспертизы и направленных на исследование только углеводородной составляющей СНП, как правило, не представляется возможным. В подобных ситуациях идентификацию СНП целесообразно производить с использованием метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (метода ИСП-ОЭС).

На четвертом этапе осуществляется пробоподготовка полученных на месте пожара образцов проб среды-носителя СНП и «фоновых» проб для последующего элементного количественного анализа. В работе [6] представлена предлагаемая новая процедура пробоподготовки образцов проб среды, в состав которых предположительно входит СНП – инициатор горения, и образцов «фоновых» проб, а также соответствующий состав комплекта оборудования, необходимого для проведения элементного количественного анализа данных образцов проб на основе применения метода ИСП-ОЭС. Если анализу подлежат образцы проб грунта (почвы), сначала должны применяться специальные методы экстракции для перевода металлов, содержащихся в грунте, в жидкую пробу, затем применяется процедура пробоподготовки для жидких проб, представленная в работах [4, 6].

На пятом этапе производится элементный количественный анализ образцов проб среды с помощью прибора ИСП-ОЭС серии iCAP 6500 фирмы Thermo SCIENTIFIC, применение которого позволяет определить элементный состав анализируемых образцов проб и количественное содержание металлов. Необходимо учитывать, что анализируемые образцы проб среды-носителя СНП и образцы «фоновых» проб по объему должны быть одинаковыми [4].

На шестом этапе «фоновое» содержание анализируемых металлов в среде-носителе следует учитывать следующим образом. Так как СНП, предположительно примененные в качестве инициаторов горения, на месте пожара находятся в объектах окружающей среды (почва, вода и др.), полученную величину «фоновых» количественных содержаний металлов в окружающей среде («фоновые концентрации») следует вычесть от величины количественных содержаний металлов в пробах среды, в которой предположительно находится СНП – инициатор горения. В результате будет определено количественное содержание металлов в СНП, который был применен в качестве инициатора горения [4].

В рамках седьмого этапа для решения задачи идентификации СНП – инициатора горения принято целесообразным применение известного подхода, основанного на анализе парных отношений количественных (относительных) содержаний металлов в СНП. Было установлено, что определение количественных содержаний в СНП пяти металлов (Ni, Cr, Mg, Fe, Zn) и анализ величин парных отношений количественных содержаний данных металлов являются необходимым и достаточным для решения задачи идентификации СНП с учетом возможной трансформации углеводородной составляющей СНП вследствие воздействия высокой температуры при пожаре, влияния факторов окружающей среды или в связи с истечением значительного промежутка времени (более суток) с момента пожара автотранспортного средства [4, 6].

Требуемая формализация задачи идентификации СНП может быть произведена при использовании методов кластерного анализа [7]. Следует ввести необходимые обозначения:

k – условный порядковый номер пробы с неизвестным СНП;

K – количество представленных для анализа образцов проб;

I – количество рассматриваемых металлов в составе СНП;

M – количество классов кластера.

Определим используемые понятия: класс – это эталонный СНП, количественное содержание металлов в котором известно; кластер – это совокупность классов. Евклидово расстояние между измерениями x_k и x_j^* может быть представлено следующим образом [4]:

$$d = (X_k, X_j^*) = \sqrt{\sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ij}^*)^2},$$

где $x_k = \{x_{ik}\} (i=1,2,\dots,I; k=1,2,\dots,K)$ – массив значений количественных содержаний для i металла в k неизвестном СНП, числа; $x_j^* = \{x_{ij}^*\} (i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,M)$ – массив-центр j класса, числа; x_{ik} – количественное содержание i металла в k неизвестном СНП ($i=1,2,\dots,I; k=1,2,\dots,K$); x_{ij}^* – измерение-центр j класса по i металлу, число ($i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, M$).

Математическая постановка задачи идентификации СНП может быть представлена в следующем виде:

$$\sum_{k=1}^K \min_j \left\{ \sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ij}^*)^2 \right\} \rightarrow \min,$$

при ограничениях:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ij}^*)^2} \leq r_j (k=1,2,\dots,K; j=1,2,\dots,M),$$

где r_j – пороговое значение j класса (число), такое, что если $\sqrt{\sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ij}^*)^2} \leq r_j$,

то x_k входит в j класс, а если $\sqrt{\sum_{i=1}^I (x_{ik} - x_{ij}^*)^2} \geq r_j$, то x_k не входит в j класс [4].

Решение рассмотренной задачи идентификации может быть произведено с использованием метода и критерия, предложенных в работе [6].

Данные, полученные на восьмом этапе, являются конечным результатом реализации представленного сценария работы специалистов пожарно-технического профиля при проведении пожарно-технической экспертизы и позволяют установить причину пожара автотранспортного средства.

Отметим, что эффективность практической реализации рассмотренного выше сценария зависит от возможности получения хотя бы одного образца пробы среды, содержащего следы СНП – предполагаемого инициатора горения. Однако в некоторых практических случаях имеется возможность отбора только нескольких проб. В связи с этим большое значение имеет такое определение точек взятия образцов проб, при котором можно было бы рассчитывать на максимальную вероятность обнаружения искомых следов СНП. Заметим, что вероятность P получения образца пробы среды, содержащей следы СНП, в значительной степени зависит от соотношения площади (S_1), на которой был разлит (и находятся следы) СНП, и всей исследуемой площади (S_2) [4]:

$$P = \frac{S_1}{S_2}.$$

Кроме того, представляется очевидным, что вероятность обнаружения следов СНП будет тем больше, чем ближе точка взятия пробы к месту разлива СНП. В идеальном случае, когда площадь, в рамках которой необходимо взять пробу, имеет круглую форму, данная вероятность обратно пропорциональна квадрату расстояния (r) от точки взятия пробы

до центра такого круга [4]:

$$P = \frac{1}{r^2}.$$

Вместе с тем в большинстве реальных случаев пятно разлитого СНП представляет собой криволинейную фигуру. В данном случае вероятность обнаружения СНП можно повысить при отборе пробы в точке максимально близкой к геометрическому центру данной криволинейной фигуры (геометрический центр криволинейной плоской фигуры эквивалентен так называемому «центру тяжести» этой фигуры). Так как вероятность получения необходимого образца пробы среды при незначительной площади данного пятна зависит от правильного определения точки отбора пробы, данная вероятность может быть существенно повышена на основе практической реализации многократного пробоотбора и рациональном распределении точек взятия образцов проб среды по всей площади очага пожара. Таким образом, при наличии времени и технических возможностей для анализа образцов проб среды, получаемых на месте пожара, целесообразно производить многократный пробоотбор образцов среды. Следует отметить, что при решении задачи определения рационального варианта распределения точек взятия образцов проб среды в рамках исследуемой площади на месте пожара критерием оптимальности является их равная удаленность друг от друга. При размещении точек взятия проб на исследуемой площади эти точки могут рассматриваться как узлы воображаемой сетки с идентичными по форме и размеру ячейками. Использование данной аналогии позволяет установить, что для выполнения указанного выше критерия возможны только два оптимальных варианта форм ячеек такой сетки – квадрат и равносторонний треугольник [4].

В работе [5] отмечается, что при поджогах автомобилей основная часть СНП стекает и скапливается на грунте или дорожном покрытии. Причем при поджогах легковых автомобилей, в большинстве случаев, СНП стекает на грунт позади передних колес автомобиля, часть СНП стекает также по капоту и крыльям. В данной работе указан также квалификационный признак поджога, в частности: «Квалификационным признаком поджога с применением СНП будут локальные термические поражения корпуса и других деталей автомобиля над местом стекания жидкости по водоотливным каналам». Безусловно, следует учитывать возможность уточнения указанной информации, принимая во внимание конкретные особенности конструкции различных автомобилей, но, вместе с тем, общие тенденции, как правило, сохраняются. Отметим, что определить точное местонахождение пятна СНП, образовавшегося в результате его разлива, в большинстве случаев не представляется возможным. В связи с этим, исходя из практического опыта пожарно-технических специалистов и результатов проведенных экспериментов, были выявлены наиболее вероятные точки скопления СНП, разлившегося при поджоге или вследствие технической неисправности автотранспортного средства. В частности, в работе [5] отбор образцов проб грунта рекомендуется производить в определенных зонах. При наличии соответствующих возможностей рекомендуется производить многократный пробоотбор с обязательным отбором образцов проб в зонах (точках), указанных в работе [5]. Для определения «фоновых концентраций» металлов, содержащихся в грунте, необходимо также производить отбор не менее пяти так называемых «фоновых» проб на одинаковых расстояниях как от границ очага пожара, так и между соседними «фоновыми» пробами [4].

Следует обратить внимание, что автотранспортное средство может быть припарковано как на легко впитывающем жидкости грунтовом покрытии, так и на твердом покрытии негоризонтальной площадки (с уклоном). Рекомендуемые точки взятия проб, указанные в работе [5], справедливы для первого случая, при втором же случае следует учитывать возможность стекания СНП по «трассе ручейков» в характерные места образования луж [5]. В некоторых случаях следы СНП могут быть обнаружены в нескольких

образцах проб, которые могли быть получены из различных сред (грунт (почва), жидкость (вода), твердые поверхности (асфальт, бетон). При этом результаты идентификации СНП в различных образцах проб среды-носителя могут несколько отличаться. В рассматриваемом случае целесообразно применить мажоритарный подход, то есть окончательный вывод о том, какой именно это был СНП, необходимо делать по большинству идентичных результатов анализа проб. Для реализации мажоритарного подхода необходимо, чтобы число образцов проб (m), в которых обнаружены следы СНП – предполагаемого инициатора горения, было нечетным и не меньше трех, то есть [4]:

$$m = 2n + 1 \quad .$$

где $n=1, 2, 3, \dots$ (натуральные числа).

Заметим, что рекомендуемый для реализации мажоритарный подход целесообразно применять не только при анализе образцов проб среды со следами СНП – предполагаемого инициатора горения, но и при анализе количественного содержания металлов в «фоновых» пробах. В случаях, когда в образцах проб какой-либо одной среды обнаружена наибольшая концентрация металлов, входящих в состав СНП – предполагаемого инициатора горения, по сравнению с образцами проб других сред, можно сделать вывод, что образец пробы данной среды наиболее пригоден для решения задачи идентификации. Вместе с тем в данном случае не исключена ситуация, когда на месте пожара автотранспортного средства грунт (или твердая поверхность) был значительно загрязнен пятнами какого-либо СНП задолго до возникновения пожара. В качестве косвенного признака наличия указанных пятен загрязнения может рассматриваться значительный разброс значений количественных содержаний металлов в некоторых «фоновых» пробах. В таких случаях целесообразно увеличить число отборов образцов проб и делать окончательный вывод о результате идентификации СНП на основе применения мажоритарного подхода. Следует заметить, что значительные колебания величин содержаний одних и тех же металлов (то есть большой «разброс» их значений) в разных «фоновых» пробах на месте пожара могут быть обусловлены также природными факторами (например, выраженной неоднородностью грунта). Это обстоятельство может значительно затруднить решение задачи идентификации СНП и даже привести к получению недостоверного результата, что, таким образом, ограничит возможности применения предлагаемого подхода. В качестве предложения по обеспечению возможности выхода из такой проблемной ситуации можно рекомендовать максимально возможное увеличение числа отборов проб как в очаге пожара, так и «фоновых» проб за его пределами. Кроме того, в данном случае целесообразно производить отбор «фоновых» проб по возможности ближе к выявленным границам очага пожара, то есть не в 1,5–2 м от границы очага пожара, как это осуществляется в обычных случаях, а, например, на расстоянии 0,5–1 м. В рассматриваемом случае необходимо также обеспечивать равномерное распределение точек отбора образцов проб в рамках площади очага пожара (если место расположения участка со следами СНП – инициатора горения в рамках площади очага пожара точно определить не представляется возможным) и точек отбора «фоновых» проб вокруг него. То есть при отборе образцов проб в очаге пожара точки отбора проб должны быть равноудалены друг от друга, а расстояния между соседними точками отбора «фоновых» проб должны быть примерно одинаковыми. Последующее применение в каждом таком случае рассмотренного выше мажоритарного подхода при определении содержаний металлов в пробах, полученных в очаге пожара и в «фоновых» пробах, может значительно повысить достоверность определения содержаний металлов в следах СНП – предполагаемого инициатора горения, что, в итоге, обеспечит возможность решения задачи идентификации данного СНП [4].

В некоторых случаях в результате решения задачи идентификации СНП может быть достоверно установлен факт наличия на месте пожара следов СНП, не имеющего отношения

к данному автотранспортному средству, но однозначно определить вид, марку и изготовителя обнаруженного СНП не представляется возможным. В таких случаях установление факта наличия СНП в анализируемом образце пробы, отличающегося от СНП, который находился в автотранспортном средстве до возникновения пожара (то есть использовался по прямому назначению в процессе эксплуатации автотранспортного средства), может служить достаточным основанием для вывода о том, что при поджоге автотранспортного средства в качестве инициатора горения был применен неустановленный СНП или смесь разных СНП. Данный вывод, в совокупности с другими обстоятельствами, устанавливаемыми в процессе проведения пожарно-технической экспертизы, может рассматриваться в качестве одного из доказательств факта умышленного поджога автотранспортного средства [4].

Если в результате проведения пожарно-технической экспертизы следов СНП – инициатора горения на месте пожара – не обнаружено, данный факт может свидетельствовать в пользу версии о технической причине пожара, обусловленной какой-либо неисправностью автотранспортного средства [8].

Техническая причина пожара подтверждается в случае обнаружения на месте пожара только того СНП, который обращался в топливной системе автотранспортного средства. Достоверное установление факта умышленного поджога позволяет исключить версию о технической причине пожара.

В заключение следует заметить, что применение предлагаемого подхода специалистами пожарно-технического профиля при проведении пожарно-технической экспертизы обеспечит возможность повышения достоверности установления причины пожара автотранспортного средства и, в целом, способствует решению задачи совершенствования методов обеспечения безопасности при эксплуатации транспортных средств.

Литература

1. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза / И.Г. Малыгин [и др.]: монография. СПб., 2016. 216 с.
2. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.
3. 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.
4. Казакова Н.Р. Методика диагностики светлых нефтепродуктов для расследования пожаров при эксплуатации автотранспортных средств: дис. ... к-та техн. наук. СПб., 2017. 157 с.
5. Пожарно-техническая экспертиза / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 325 с.
6. Казакова Н.Р., Астанков А.А. О методе и критерии идентификации светлых нефтепродуктов на основе атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой // Мониторинг. Наука и технологии. 2016. № 3. С. 58–60.
7. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.
8. Моторыгин Ю.Д., Ворошилов Р.Ф. Анализ косвенных признаков неисправностей топливной системы автомобилей для целей пожарно-технической экспертизы // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 2. С. 1–6.

ДИНАМИКА ПОЖАРОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.Н. Елисеев, кандидат технических наук;

С.В. Скодтаев;

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

На основе примеров реально произошедших пожаров легковых автомобилей рассмотрены основные особенности динамики развития горения. Отмечено, что так называемое «быстрое развитие горения» на пожарах легковых автомобилей не может являться одним из признаков поджога. Срабатывание элементов электросети автомобиля (охранной или световой сигнализации) во время пожара также не может свидетельствовать в пользу той или иной версии возникновения горения.

Ключевые слова: транспортное средство, пожар, пожарно-техническая экспертиза, очаг пожара, динамика пожара

DYNAMICS OF FIRE CARS

Yu.N. Eliseev; S.V. Skodtaev; T.P. Sysoeva.

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

On the basis of examples of real car fires, the main features of the development dynamics of combustion are considered. It is noted that the so-called «rapid development of combustion» in the fires of cars can not be one of the signs of arson. The operation of the elements of the vehicle's electrical network (burglar or light alarm) during a fire also can not testify in favor of one or another version of the occurrence of combustion.

Keywords: vehicle, fire, fire and technical expertise, fire center, fire dynamics

Первостепенной задачей, которую приходится решать при исследовании загораний транспортных средств, является дифференциация поджога и пожара, возникшего в результате технической неисправности [1].

Как известно [2], существуют основные квалификационные признаки поджога, обнаружение которых непосредственно свидетельствует о поджоге как причине пожара. Одним из таких признаков является быстрая динамика развития горения. То есть, если горение возникло внезапно (хотя, наверное, все пожары на транспортном средстве возникают внезапно) и с самого начала развивалось достаточно интенсивно, это рассматривается как один из признаков поджога. Считается, что данное утверждение справедливо и для пожаров легковых автомобилей.

Для исследования динамики горения ранее проводились полномасштабные натурные эксперименты по моделированию возгораний транспортных средств. В результате было установлено [2, 3], что в случае возникновения горения в моторном отсеке легкового автомобиля горение в салон распространится через 8–10 мин, а через 15–20 мин автомобиль будет практически весь охвачен огнем. В случае же возникновения горения в салоне разрушение остекления произойдет за 6 мин, и через 15–20 мин он также будет практически весь охвачен огнем. Однако во всех проведенных исследованиях возникновению горения предшествовал разлив горючей жидкости, моделирование возникновения горения в результате аварийного режима работы электросети транспортного средства не проводилось. При этом считается, что в случае возникновения горения по электротехнической причине начальная стадия пожара будет происходить более длительное время.

Проведение подобных натурных экспериментов очень полезно для изучения особенностей пожаров, произошедших на транспортных средствах, однако это сопряжено со значительными материальными и физическими затратами. Новые возможности анализа динамики пожаров автомобилей открылись с появлением видеонаблюдения на автостоянках, возможностей снимать пожар с помощью мобильных средств связи, в том числе и случайными прохожими.

Большой интерес представляют видеозаписи, на которых зафиксирован момент возникновения пожара и его развитие, особенно если при проведении дальнейших исследований была установлена точная причина возгорания. Рассмотрим наиболее интересные пожары, видеозаписи которых имеются в распоряжении авторов.

В качестве примера возникновения горения в результате поджога наружных конструктивных элементов рассмотрим возгорание автомобиля «BMW X6». На видеозаписи зафиксировано, что двое злоумышленников разливают горючую жидкость на колеса автомобиля с правой стороны, после чего происходит ее воспламенение с помощью спички (рис. 1а).



Рис. 1. Начальная стадия горения автомобиля «BMW X6»

Спустя 4 мин 40 с происходит прогорание топливного бака, что приводит к разливу находящегося в нем бензина и, соответственно, к увеличению интенсивности горения (рис. 1б).



Рис. 2. Процесс горения автомобиля «BMW X6»

Спустя 8 мин 20 с (здесь и далее по тексту время указывается после начала горения) транспортное средство практически полностью охвачено огнем (рис. 2а), а к моменту прибытия сотрудников пожарной охраны на 23 мин горения автомобиля наблюдается стадия затухания пожара, транспортное средство практически полностью уничтожено огнем (рис. 2б).

То есть даже при таком сценарии возникновения горения (наличие двух очагов пожара) горение в салон автомобиля распространилось на пятой минуте пожара, а по прошествии примерно 25 мин транспортное средство было практически полностью уничтожено огнем.

В качестве примера пожара, возникшего в моторном отсеке по электротехнической причине, рассмотрим особенности процесса развития горения легкового автомобиля «BMW X5».

Первые визуальные признаки возгорания транспортного средства, которые зафиксировала видеокамера, появились в 05 ч 12 мин утра в виде незначительного дымовыделения между капотом и лобовым стеклом (рис. 3а). Отмечается, что транспортное средство было поставлено на стоянку за 7 ч до появления первых признаков горения, при этом посторонних лиц за это время на охраняемой территории не наблюдалось. В течение последующих минут наблюдалось усиление дымовыделения, спустя 4 мин дымовыделение резко усилилось (рис. 3б), а через 6 мин в передней части автомобиля появились языки пламени (рис. 4а).



Рис. 3. Начальная стадия горения автомобиля «BMW X5»



Рис. 4. Пламенное горение автомобиля «BMW X5»

При этом спустя 6 мин 30 с на автомобиле сработала охранная сигнализация (рис. 4б), и продолжала работать в течение 4 мин (на видеозаписи отчетливо видны мигающие задние фонари). Отметим, что в данном случае причина пожара имеет электротехнический характер. При этом ранее считалось, что если на стадии развившегося пожара срабатывает сигнализация, то это может косвенно указывать на непричастность электросети автомобиля к его возникновению горения, поскольку спустя данное время источник питания (аккумуляторная батарея) должна была бы находиться в разряженном состоянии. Однако в данном случае этого не произошло. Соответственно, срабатывание элементов электросети автомобиля во время пожара не может свидетельствовать в пользу той или иной версии возникновения горения.

Спустя 12 мин после начала пожара транспортное средство было практически полностью охвачено огнем (рис. 5а), а к моменту прибытия пожарного подразделения на 24 мин пожара практически полностью уничтожено огнем (рис. 5б).



Рис. 5. Процесс горения автомобиля «BMW X5»

В случае возникновения горения в салоне автомобиля наблюдается еще более динамичное развитие горения. В качестве примера рассмотрим пожар, произошедший в легковом автомобиле «Skoda Octavia» и возникший по электротехнической причине. Процессу возникновения пожара предшествовали ремонтные работы по замене правой передней фары, которые производились владельцем автомобиля.

В какой-то момент проводимых работ из открытой пятой двери (багажного отсека) автомобиля начал появляться дым (рис. 6а), в данном случае возгорание произошло в автомобиле, имеющем кузов типа «лифтбэк», то есть багажный отсек и салон имеет один и тот же объем. Спустя 40 с после этого владелец обратил внимание на интенсивное дымовыделение и, открыв переднюю пассажирскую дверь, обнаружил пламенное горение в правой передней части салона (рис. 6б).



а)



б)

Рис. 6. Начальная стадия горения автомобиля «Skoda Octavia»

Спустя 3 мин после появления первых признаков горения пожар распространился в моторный отсек, к этому времени салон и багажный отсек уже были практически полностью охвачены огнем (рис. 7а). Использование штатных огнетушителей водителями автомобилей успехом не увенчалось, удавалось лишь незначительно сбить пламя на небольшом участке.

К моменту прибытия пожарного подразделения через 9 мин после начала возгорания транспортное средство было практически полностью уничтожено огнем (рис. 7б).



а)



б)

Рис. 7. Процесс горения автомобиля «Skoda Octavia»

То есть, в случае возникновения пожара внутри салона автомобиля, даже по электротехнической причине, горение распространяется по автомобилю «очень интенсивно» и уже спустя 10 мин транспортное средство практически полностью уничтожено огнем.

Анализ динамики процесса возникновения и развития горения легковых автомобилей, зафиксированных на данных и других видеозаписях, позволяет сделать следующие выводы:

- в случае возникновения горения на наружных элементах по причине поджога примерно через 8–10 мин транспортное средство будет практически полностью охвачено огнем, а спустя 25 мин будет практически полностью уничтожено огнем;

– в случае возникновения горения в моторном отсеке автомобиля по электротехнической причине через 10–15 мин после начала пожара транспортное средство будет практически полностью охвачено огнем, а спустя 25 мин также будет практически полностью уничтожено огнем;

– в случае возникновения горения в салоне транспортного средства по электротехнической причине уже через 3–5 мин пожар распространится в моторный отсек, а уже через 10–15 мин транспортное средство будет практически полностью уничтожено огнем.

Таким образом, очевидно, что нет строгой зависимости динамики развития горения автомобиля от его причины возникновения поджога или пожара, возникшего в результате технической неисправности. Так называемое «быстрое развитие пожара», рассматриваемое обычно как признак поджога, на легковых автомобилях «не работает». Срабатывание элементов электросети автомобиля (например охранной или световой сигнализации) во время пожара также не может свидетельствовать в пользу той или иной версии возникновения горения.

Литература

1. Елисеев Ю.Н., Чешко И.Д., Соколова А.Н. Экспертная дифференциация поджога и загорания автомобиля в результате утечки топлива // Пожарная безопасность. 2007. № 1. С. 97–104.
2. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2002. 330 с.
3. Эксперимент по моделированию поджога легкового автомобиля «Toyota Supra» / Ю.Н. Елисеев [и др.] // Расследование пожаров: сб. статей. М.: ВНИИПО, 2007. Вып. 2. С. 140–152.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

АДАПТИВНОЕ ФИЛЬТРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ, РАСПОЗНАВАЕМОГО НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности использования адаптивного фильтрации цветного изображения в целях его распознавания с помощью нейронной сети. Рассмотрены способы учета топологии изображения путем группировки элементов изображения по заданным признакам. Представлены результаты реализации адаптивного фильтрации цветного изображения в виде компьютерной программы.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, распознавание изображений, компьютерная программа, математическая модель

ADAPTIVE FILTRATION THE IMAGE FOR NEURAL NETWORK RECOGNITION

A.Yu. Labinskiy.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the adaptive filtration the image for neural network recognition. The synthetic neural network to realize in form the mathematical model and computing program.

Keywords: synthetic neural network, image recognition, computing program, mathematical model

Распознавание объектов, использующее обучение с учителем, выполняется путем отнесения распознаваемых объектов к определенным классам с применением известных правил классификации [1]. Известные системы распознавания изображений используют двумерные фильтры, которые представляет собой матрицу коэффициентов. Матрица коэффициентов применяется к изображению при помощи математической операции свертки, заключающейся в том, что каждый фрагмент обрабатываемого изображения умножается на матрицу свертки поэлементно и результат суммируется и записывается в аналогичную позицию получаемого изображения. При этом чем больше фрагмент изображения похож на сам фильтр, тем больше значение выхода фильтра. Таким образом, в результате операции фильтрации получается другое изображение, каждый минимальный элемент которого (каждый пиксель) отображает степень похожести фрагмента изображения на элемент матрицы коэффициентов фильтра (элемент карты признаков) [2].

Учет информации о взаимном расположении пикселей изображения, называемом топологией изображения, может быть произведен с помощью группировки пикселей по заданным признакам. При этом, если не удастся упорядочить классификационные

признаки, то может быть использован интегральный показатель, функционально зависящий от исходных признаков.

Для решения задачи классификации по нескольким признакам (многомерная классификация) часто используются методы кластерного анализа, которые отличаются от других методов многомерной классификации отсутствием обучающих выборок. Классификация производится в несколько этапов, причем на первом этапе должна быть определена целевая функция (критерий качества), с помощью которой сопоставляются различные схемы классификации. В качестве критерия качества классификации может служить содержательная интерпретация результатов классификации, которая используется в том случае, когда имеет место сложность формализации целевой функции [3].

Формой представления исходных данных при решении задач кластерного анализа является прямоугольная матрица, содержащая элементы X_{ij} . В процессе классификации используется понятие степени близости объектов, которая задается либо путем вычисления расстояния между парой объектов $\rho(X_i, X_j)$, либо с помощью задания некоторой функции $R(X_i, X_j)$. Для цветовой модели RGB расстояние между минимальными элементами изображения (пикселями) можно оценить с помощью степени близости Махаланобиса [3]:

$$d[i,j]=\sqrt{[(R_i - R_j)^2 + (G_i - G_j)^2 + (B_i - B_j)^2]},$$

где R_{ij}, G_{ij}, B_{ij} – значения базовых цветов цветовой модели RGB.

Процедуры кластерного анализа целесообразно реализовывать на ЭВМ. При этом часто используются иерархические алгоритмы, заключающиеся в последовательном объединении сначала самых близких групп объектов классификации, а затем все более отдаленных групп объектов. Большинство иерархических алгоритмов использует матрицы расстояний между объектами.

К недостаткам иерархических алгоритмов относится сложность их реализации, так как при числе объектов, превышающем несколько сотен, реализация таких алгоритмов становится затруднительной.

В случае распознавания изображения исходными данными является матрица изображения размером $50 \times 50 = 2500$ элементов (пикселей). Для цветного изображения при обработке входного сигнала использовалась цветовая модель RGB, включающая в себя три базовых цвета: красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue). Доля каждого базового цвета может меняться от 0 до 255. Поэтому для распознаваемого изображения вычислялись три матрицы красного, зеленого и синего цветов, компоненты которых представляли собой вещественные числа в диапазоне от 0,0 до 1,0. На основании этих матриц определялась матрица входного вектора данных нейронной сети, компоненты которой также менялись от 0,0 до 1,0.

При создании компьютерной модели распознавания изображений с использованием адаптивной фильтрации целью фильтрования являлось определение оптимальной доли минимальных элементов (пикселей) изображения, обеспечивающей однозначное распознавание изображения. Для этого определялась топология исходного изображения, то есть информация о взаимном расположении пикселей изображения. Далее рассчитывалась оптимальная степень фильтрации по каждой цветовой составляющей (красный, зеленый и синий цвета) исходного изображения.

В результате реализации компьютерной модели адаптивной фильтрации изображений были определены двумерные фильтры, представляющие собой матрицы коэффициентов (матрицы свертки), рассчитанные для каждого характерного размера изображения. Каждый фрагмент изображения умножается на матрицу свертки поэлементно, и результат записывается в аналогичную позицию выходного изображения, которое обрабатывается и определяется выходное значение (выходной сигнал) сети. Получаемое выходное значение сети сравнивается со значением соответствующего компонента обучающего выходного вектора и вычисляется значение ошибки распознавания, которое используется для корректировки коэффициентов связи (синаптических весов) нейронов сети. Алгоритм

работы нейронов сети может быть описан в следующем виде [4]: на каждом шаге итерационной процедуры предъявляются значения входного вектора X и происходит коррекция коэффициентов связи W нейронов сети. Основным шагом алгоритма для i итерации состоит в проверке следующих условий:

$$\begin{aligned} &\text{если } X_i \in \Omega_1 \text{ и } W_i * X_{i+1} > 0, \text{ то } W_{i+1} = W_i; \\ &\text{если } X_i \in \Omega_1 \text{ и } W_i * X_{i+1} \leq 0, \text{ то } W_{i+1} = W_i + X_{i+1}; \\ &\text{если } X_i \in \Omega_1 \text{ и } W_i * X_{i+1} < 0, \text{ то } W_{i+1} = W_i; \\ &\text{если } X_i \in \Omega_1 \text{ и } W_i * X_{i+1} \geq 0, \text{ то } W_{i+1} = W_i + X_{i+1}. \end{aligned}$$

Изменение коэффициентов связи в итерации обучения происходят согласно формуле:

$$\Delta W_i(n+1) = \varepsilon * \delta_j * x_i + \alpha * \Delta W_i(n),$$

где ΔW_i – изменение коэффициента связи нейрона; n – номер предыдущего цикла обучения; ε – скорость обучения; δ_j – ошибка обучения; x_i – вход нейрона; α – инерционный коэффициент, находящийся в пределах от 0 до 0,9.

Реализация процесса обучения искусственной нейронной сети происходит путем просмотра в определенном порядке обучающей выборки, причем порядок просмотра может быть различным, в том числе последовательным или случайным. При обучении с учителем набор исходных данных делят на обучающую выборку и тестовые данные. Обучающая выборка используется для обучения нейронной сети, а тестовые данные используются для оценки ошибки сети. Если в процессе вычислительных экспериментов на компьютерной модели искусственной нейронной сети ошибка на обучающих данных уменьшается, а ошибка на тестовых данных увеличивается, то происходит переобучение нейронной сети, то есть нейронная сеть не выполняет обобщение, а просто «запоминает» обучающие данные. Способность нейронной сети к обобщению означает нечувствительность к малым изменениям исходных данных, связанных с их зашумлением.

Модель адаптивной фильтрации для распознавания изображений

Особенности распознавания изображений искусственной нейронной сетью прямого распространения с одним скрытым слоем были изложены в статье [5]. При создании компьютерной модели адаптивной фильтрации для распознавания изображений решалась задача настройки параметров искусственной нейронной сети адаптивно, то есть применительно к каждому распознаваемому изображению или его фрагменту.

Среди настраиваемых параметров нейронной сети в процессе расчета определялись доля активных пикселей изображения, учитываемых в процессе распознавания, и коэффициент фильтрации. Коэффициент фильтрации показывает долю базового цвета, учитываемого при распознавании изображения. Результаты распознавания цветных изображений размером от 32*32 пикселей до 50*50 пикселей представлены на рис. 1–3. На рисунках представлены наиболее характерные результаты распознавания изображений, у которых доля активных пикселей (АП) менялась от 59 % до 100 %, а коэффициент фильтрации (КФ) менялся от 10 % до 93 %. На диаграммах показано распределение сгруппированных по величине яркости пикселей изображения. Яркость пикселя можно вычислить по формуле:

$$\text{Яркость} = 0,3 * \text{Red} + 0,59 * \text{Green} + 0,11 * \text{Blue}.$$

На рис. 3 представлены результаты процесса распознавания изображения 48*48 пикселей. Представлено исходное цветное изображение, результат фильтрации изображения и диаграмма распределения сгруппированных по величине яркости пикселей изображения.

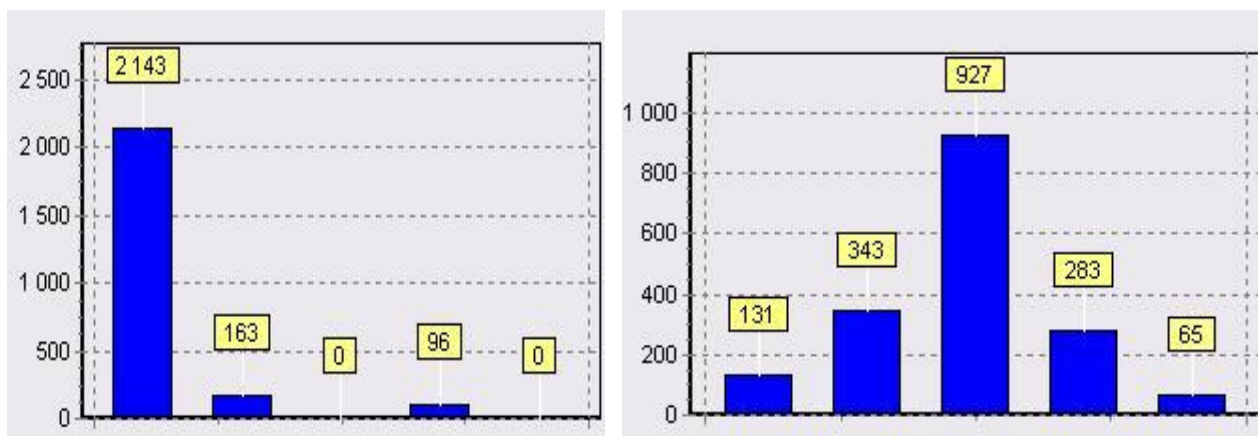


Рис. 1. Слева – темный интерьер – АП 86 %, КФ 10 %,
справа – портрет на улице – АП 60 %, КФ 45 %

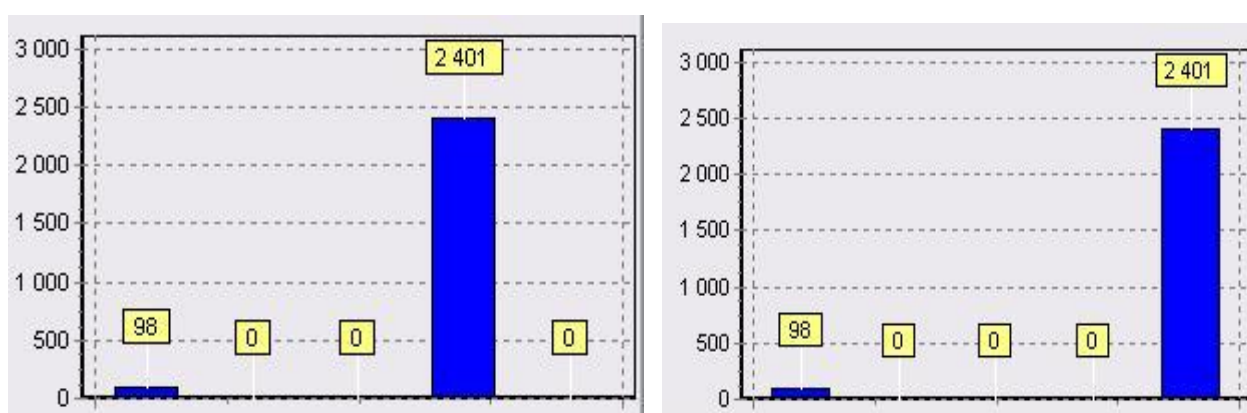


Рис. 2. Слева – летнее небо с облаками – АП 96 %, КФ 55 %,
справа – тропическое небо – АП 100 %, КФ 93 %

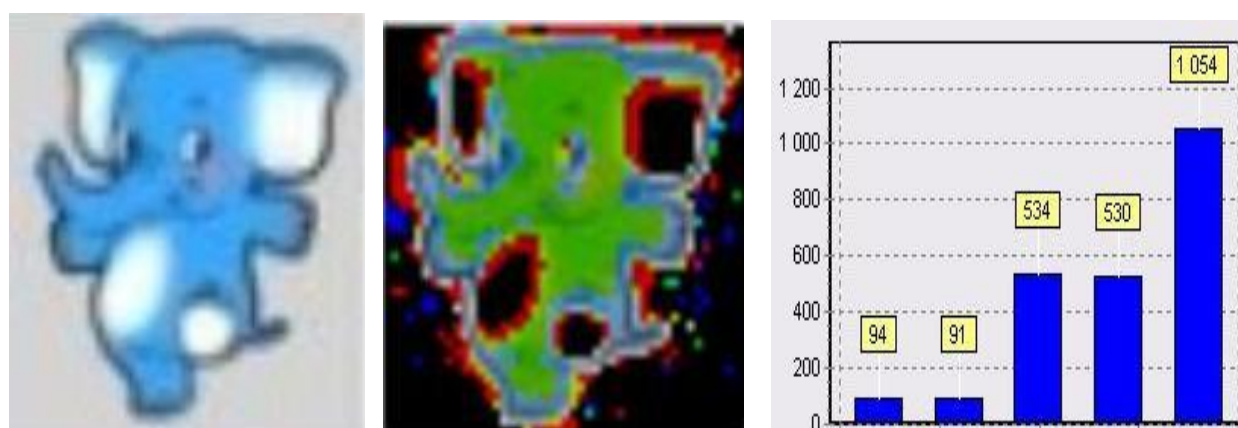


Рис. 3. Слева – исходное, в центре – отфильтрованное изображение,
справа – диаграмма, АП 59 %, КФ 80 %

Интерфейс программы распознавания цветных изображений 50*50 пикселей, использующей адаптивное фильтрование изображений, представлен на рис. 4.

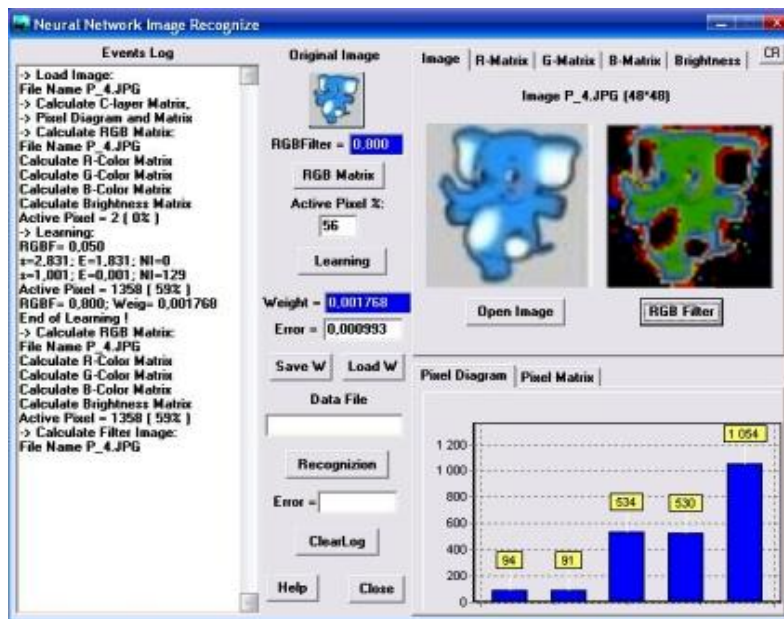


Рис. 4. Интерфейс программы распознавания изображений

Пример адаптивного фильтрации фрагмента цветного изображения 2 000*1 400 пикселей представлен на рис. 5, 6.

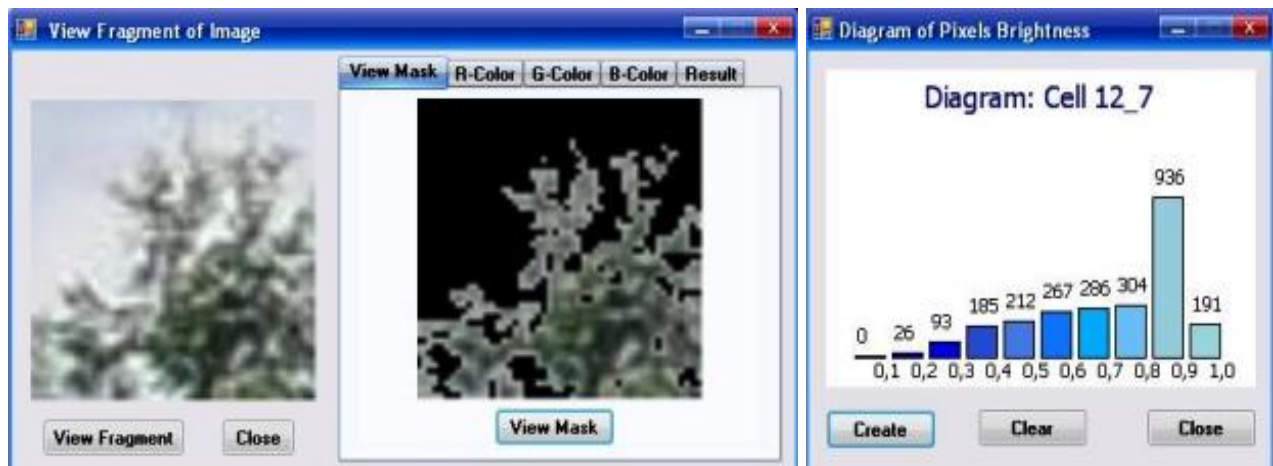


Рис. 5. Слева увеличенный фрагмент изображения, в центре – отфильтрованный фрагмент, справа диаграмма яркостей фрагмента изображения

Обычно фильтрация изображения производится с целью придания выводимому изображению таких качеств, благодаря которым его восприятие человеком было бы более комфортным. Часто в целях улучшения субъективного восприятия изображения усиливают определенные свойства изображения. Для этого используют яркостное преобразование изображений, включая линейное контрастирование, при котором повышается контрастность изображения, и выделение диапазона яркостей изображения, при котором улучшается передача деталей изображения.

В данном исследовании адаптивная фильтрация изображений использовалась для настройки параметров нейронной сети адаптивно, то есть применительно к каждому распознаваемому изображению.

Интерфейс программы распознавания цветных изображений размером не более 2 000*1 400 пикселей, использующей адаптивное фильтрацию изображений, представлен на рис. 6.

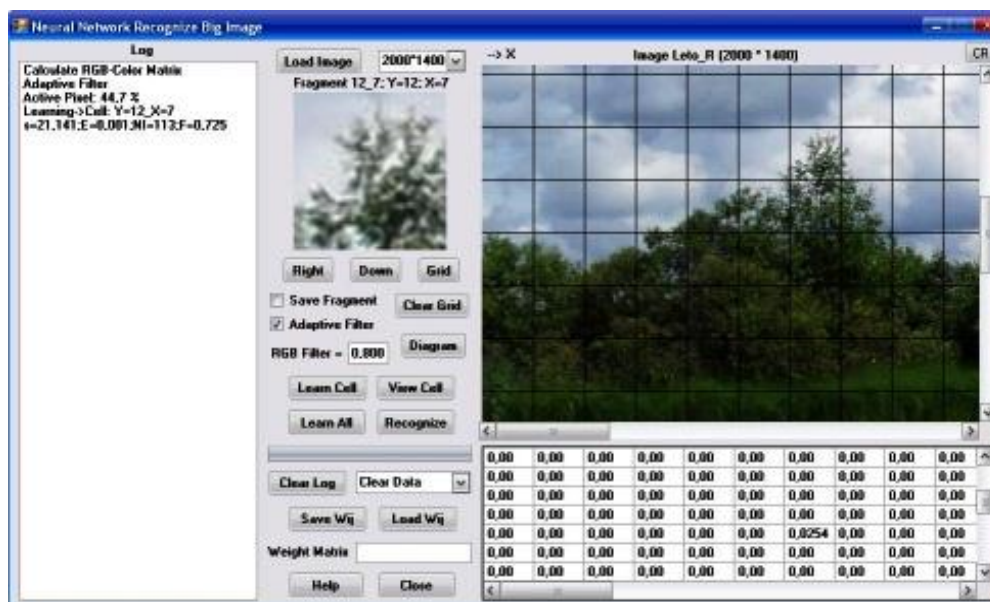


Рис. 6. Интерфейс программы распознавания изображений

Цифровая обработка и распознавание изображений – одно из интенсивно развиваемых направлений исследований. Результаты распознавания цветных изображений, представленные выше, показали, что использование в процессе распознавания нейронной сетью адаптивного фильтра, учитывающего особенности топологии изображения, позволяет производить настройку параметров нейронной сети с учетом особенностей каждого распознаваемого фрагмента изображения размером 50*50 пикселей.

Литература

1. Фомин Я.А. Распознавание образов: теория и применения. М.: Фазис, 2012.
2. Петров С.П. Сверточная нейронная сеть для распознавания символов // Журнал ММУ. 2013. № 3.
3. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 2000.
4. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. М.: МГУ, 2004.
5. Лабинский А.Ю. Особенности использования нейронной сети для распознавания изображений // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 67–73.



ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – КОГДА УРОКИ НАС ЧЕМУ-НИБУДЬ НАУЧАТ?

**В.В. Антонченко, кандидат юридических наук.
Дальневосточная пожарно-спасательная академия МЧС России,
г. Владивосток**

Статья посвящена деятельности надзорно-контрольных органов при осуществлении контрольных и надзорных мероприятий в сфере пожарной безопасности. На основании анализа работы механизмов контроля и надзора за пожарной безопасностью как органов Государственного пожарного надзора МЧС России, так и компаний, предоставляющих услуги по проведению пожарного аудита, делается вывод о недопустимости устранения государства от принципиальной, активной и целенаправленной работы по предупреждению пожаров и сужения полномочий государственных органов в данной крайне важной и одновременно очень проблемной сфере. Пренебрежение необходимостью поддерживать высокий уровень пожарной безопасности, в том числе и правовыми средствами, существенно ослабляет состояние защищенности личности и общества от пожаров.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, профилактика пожаров, пожарный надзор, противопожарные мероприятия

PREVENTIVE WORK IN THE FIELD OF FIRE SAFETY – WHEN THE LESSONS HAVE SOMETHING TO TEACH?

V.V. Antonchenko. Far East fire-rescue academy of EMERCOM of Russia, Vladivostok

The article is devoted to the activities of Supervisory authorities in the implementation of control and supervision activities in the field of fire safety. On the basis of the analysis of the mechanisms of control and supervision of fire safety – both bodies of the state fire supervision of EMERCOM of Russia, and the companies providing services for fire audit – the conclusion about inadmissibility of elimination of the state from principal, active and purposeful work on the prevention of fires and narrowing of powers of state bodies in this extremely important and, at the same time, very. The author believes that the neglect of the need to maintain a high level of fire safety, including legal means, significantly weakens the state of protection of the individual and society from fires.

Keywords: fire, fire safety, fire prevention, fire supervision, fire prevention measures

Общественная безопасность – это совокупность общественных отношений, обеспечивающих безопасные условия жизни каждого члена общества, общественный порядок,

безопасность личных, общественных и государственных интересов при производстве различного рода работ и в процессе обращения с общепасными предметами [1].

Неудовлетворение потребности человека в безопасности приводит общество в нестабильное состояние, растет социальная напряженность, ухудшается общая криминальная обстановка и т.д. В этих условиях проблема повышения эффективности средств обеспечения безопасности актуализируется [2].

Пожарная безопасность как составная часть, как элемент общественной безопасности содержит в своей основе меры пожарной профилактики – комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий.

Пожары наносят громадный материальный ущерб и нередко влекут за собой гибель людей. Поэтому защита от пожаров является важнейшей общегосударственной задачей.

Совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера образуют систему обеспечения пожарной безопасности. Пожарная профилактика имеет своей целью реализацию наиболее эффективных, экономически и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом.

Основными элементами системы обеспечения пожарной профилактики и защиты являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, предприятия и граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации. Сегодня правила пожарной безопасности устанавливаются, прежде всего, Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [3], а также иными законами и подзаконными нормативными актами, обеспечивающими защиту людей и материальных ценностей от пожаров.

Так, например, требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации поселений и городских округов, зданий и сооружений, требования пожарной безопасности к производственным объектам, пожарной технике и некоторые другие правила установлены Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ) [4], правила противопожарного режима определены постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме» [5], своды правил в системе противопожарной защиты утверждаются и вводятся в действие приказами МЧС России.

Ответственность за нарушение требований пожарной безопасности в соответствии с действующим законодательством несут: собственники имущества; лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности; должностные лица в пределах их компетенции. Перечисленные выше лица и иные граждане за нарушение правил пожарной безопасности, а также за иные правонарушения в области пожарной безопасности, могут быть привлечены к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности.

Под правилами пожарной безопасности подразумевается комплекс положений, устанавливающих порядок соблюдения требований, норм и стандартов, направленных на предотвращение пожаров, обеспечения безопасности людей на случай возникновения пожаров, обеспечения объектов народного хозяйства и населенных пунктов средствами противопожарной защиты и пожарной техники и т.д. [6].

Пожарно-профилактическую работу можно рассматривать на двух ее уровнях: организации (осуществления) мер по защите от пожаров и контроля (надзора) за выполнением этих мер.

Первый (и основной) уровень – это организация (самоорганизация), осуществляемая на предприятиях, в учреждениях, а также по месту жительства людей. Должное функционирование противопожарного механизма на этом уровне было обеспечено в условиях отраслевой системы управления народным хозяйством, примером которой была советская экономика [7]. В учреждениях и организациях директивными указаниями руководящих министерств и ведомств формировались (и «насаждались») правила пожарной безопасности,

создавались финансовые, материально-технические и организационные условия для их выполнения. Выполнение этих правил жестко контролировалось в командно-административном порядке, а их нарушение немедленно каралось. Если организация противопожарных мероприятий и контроль за ними были недостаточно эффективными, то это происходило вследствие недобросовестности конкретных исполнителей, а не порочности системы.

Второй уровень пожарно-профилактической работы – это территориальный контроль органами Государственного пожарного надзора (ГПН) МЧС России за результатами работы на первом уровне. Должностные лица органов управления и подразделений Государственной противопожарной службе (ГПС) при осуществлении пожарного надзора обладают правами, которые определены действующим законодательством и нормативно-правовыми актами. При осуществлении надзорных мероприятий должностные лица ГПС в целях обеспечения безопасности людей вправе частично или полностью приостанавливать эксплуатацию зданий, сооружений, помещений, находящихся в пожароугрожаемом состоянии.

В прошлом году ГПН отпраздновал свой 90-летний юбилей. 18 июля 1927 г. Правительством РСФСР было утверждено «Положение о государственном пожарном надзоре», в котором впервые законодательно были закреплены основополагающие функции ГПН.

Сегодня ГПН МЧС России – это дорогостоящая, но не всегда эффективная система предупреждения и профилактики пожаров, реализации эффективных мер по защите населения и материальных ценностей от огня. ГПН призван поддерживать высокий уровень пожарной безопасности в стране путем проведения обследований и проверок противопожарного состояния населенных пунктов, предприятий и организаций.

В основном работа на этом уровне сводится к проведению плановых и внеплановых проверок. Предметом проверки является соблюдение на объекте защиты, используемом (эксплуатируемом) организацией в процессе осуществления своей деятельности, на лесных участках, на подземных объектах, при ведении горных работ, при производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения требований пожарной безопасности.

Общие правила деятельности надзорно-контрольных органов при проведении контрольных и надзорных мероприятий установлены Федеральным законом «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» [8].

С разрушением системы отраслевого управления народным хозяйством, возникновением предприятий разных форм собственности, не подчиняющихся каким-либо вышестоящим (государственным) органам управления, первый уровень пожарно-профилактической работы перестал существовать. Предприятия и учреждения стали организовывать пожарно-профилактическую работу в соответствии со своими представлениями об ее необходимости и своими возможностями: финансовыми, организационными и т.д. В подавляющем большинстве случаев это привело к полному прекращению этой работы. Указанное характерно, прежде всего, в отношении предприятий малого и среднего бизнеса.

Органы ГПН продолжали проверять соблюдение требований пожарной безопасности, однако эти проверки стали более формальными. При отсутствии у предпринимателей заинтересованности и, соответственно, отсутствии реальной и эффективной пожарно-профилактической работы на предприятии в указанной сфере сложился некий консенсус: государственный пожарный инспектор (посторонний на предприятии человек) проверяет соответствие объекта требованиям законодательства в сфере пожарной безопасности; предприниматель, в свою очередь, по возможности скрывает недостатки. Как правило, все заканчивается актом с перечнем недостатков, которые должны быть устранены, и штрафом, величина которого напрямую зависит от того, как предприниматель справился со своей «задачей», то есть, как он скрыл недостатки либо «договорился» с инспектором.

Иными словами, сейчас предприниматели борются не с пожарами и их причинами, а с пожарными инспекторами и их предписаниями.

С другой стороны, даже выполнив все предписания государственного инспектора, предприниматель получает ложное чувство защищенности, утрачивая при этом мотив к дополнительным мерам (и затратам) по совершенствованию пожарной безопасности на предприятии. Результатом сложившейся ситуации является, по мнению автора, существенное ухудшение противопожарной защиты государства и общества в целом.

Есть и еще одна проблема, связанная с тем, что государство, борясь с коррупцией и, в частности, с взятками пожарным инспекторам, а также следуя некой общей идее «либерализации» законодательства, последовательно ограничивает органы и должностные лица ГПН в правах и возможностях осуществлять надзор.

Действующий в соответствии с ФЗ № 123-ФЗ механизм контроля и надзора за пожарной безопасностью содержит в качестве одного из своих элементов институт независимой оценки пожарного риска (аудит пожарной безопасности). Данную оценку могут осуществлять организации, аккредитованные при МЧС России. При этом расчеты по оценке пожарного риска могут выполняться любыми физическими и юридическими лицами без аккредитации МЧС России.

В случае установления соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, установленным федеральными законами о технических регламентах и нормативными документами по пожарной безопасности, путем независимой оценки пожарного риска собственник получает Заключение о независимой оценке пожарного риска на срок не более трех лет.

Сегодня в городах России зарегистрированы сотни компаний, предоставляющих услуги по проведению пожарного аудита, который заменяет традиционный ГПН.

Автором был проведен эксперимент, в ходе которого он, представившись по телефону предпринимателем, обратился в несколько компаний, предоставляющих услуги по проведению пожарного аудита в одном из крупных краевых центров. Во всех случаях представитель компании заверил, что за умеренную плату «фирма» готова найти способ решения любого вопроса, связанного с несоответствием предприятия требованиям противопожарного законодательства, иными словами – обойти требования закона. Например, при необходимости оборудования отсутствующего пожарного эвакуационного выхода компания готова сделать «специальный расчет пожарных рисков», который обоснует, что помещение не нуждается в таком выходе. Компания выдаст документ, пожарный выход станет ненужным, и предприниматель сам в это поверит! Никакой «частный» инспектор не напишет за деньги предпринимателю такое же предписание, какое ему может бесплатно написать инспектор государственный.

В другом случае, то есть при «игре по правилам», частный платный инспектор при достаточном наличии бесплатных государственных будет не нужен. Независимая оценка пожарного риска и аудит пожарной безопасности исчезнут как явления, так как никакой логики в их существовании просто не будет. Платить деньги за то, что можно получить бесплатно, предприниматели будут только в том случае, когда за свои деньги они получают что-то еще, некий «бонус». В нашем случае этим бонусом является справка, позволяющая заказчику сэкономить на мерах, которые могли бы реально повысить пожарную безопасность объекта, не принимать этих мер, не выполнять требования, которые мог бы при проверке предъявить инспектор ГПН.

Основная часть пожаров происходит в быту и разного рода жилых помещениях. Только около 20 % пожаров случаются на производственных объектах и в помещениях, не относящихся к жилым [9]. Однако именно на них приходится вся тяжесть административного давления. Представляется, что государственным органам необходимо выработать систему мер, принципы надзора за обеспечением пожарной безопасности людей в жилых домах, то есть тех местах, где они преимущественно находятся.

Примеры нарушения правил пожарной безопасности в жилых домах бросаются в глаза на каждом шагу: подъезды к домам заблокированы припаркованными машинами, пожарные лестницы и выходы отсутствуют, перегорожены или закрыты на замки, в жилых домах нет пожарной сигнализации либо она неисправна, ответственных за исправность сигнализации нет, как и нет системы обеспечения ее исправности и системы контроля – и это лишь незначительная часть грубейших нарушений пожарной безопасности в жилых многоквартирных (и не только) домах.

Эти и другие нарушения не требуют глубокого исследования – они на поверхности, они ежедневно видны всем. Также на поверхности лежит причина, по которой ГПН не привлекает жилой сектор – та сфера, где пожары случаются наиболее часто: жильцы многоквартирных домов в отличие от предпринимателей и юридических лиц в большинстве своем не являются состоятельными.

Изложенное свидетельствует о том, что техническая проблема предупреждения пожаров и пожарного надзора превратилась в проблему экономическую. Общество сталкивается с имитацией деятельности в области надзора за пожарной безопасностью – как со стороны государства, так и со стороны поднадзорных лиц. Эта имитация не имеет никакого отношения к реальному обеспечению пожарной безопасности. Более того, она ухудшает состояние в данной сфере.

Представляется, что уход государства из сферы контроля за состоянием пожарной безопасности объектов, перекалывание этого контроля на бизнес-структуры, главной целью которых является получение прибыли, серьезно ослабляет состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

16 января 2006 г. в г. Владивостоке погибли 9 человек, 17 человек травмированы. Спасаясь от огня, люди падали из окон девятого этажа. По результатам рассмотрения уголовного дела, связанного с этим пожаром, к реальному лишению свободы осуждены пять человек: два должностных лица ГПН, два сотрудника местного отделения Сбербанка – арендатора помещений и совладелец горевшего здания. Как установил суд, они допустили «нарушение правил пожарной безопасности, совершенное лицом, на котором лежала обязанность по их соблюдению, повлекшее по неосторожности смерть более двух лиц» [10].

5 декабря 2009 г. в г. Перми в ночном клубе «Хромая лошадь» крупнейший в новейшей истории России пожар унес жизни 156 человек, всего от пожара пострадало 234 человека. Причиной пожара стали грубые нарушения норм пожарной безопасности в части внутренней отделки помещений клуба и путей эвакуации [11].

Причинами пожаров и их страшных последствий продолжают оставаться: недостатки в проектировании и качестве строительства; нарушения, связанные с использованием горючих материалов при строительстве; неисправная электропроводка; нарушение правил обращения с горючими веществами; заблокированные пожарные выходы и неисправные пожарные проезды и лестницы; препятствия проезду пожарным машинам и автолестницам; неподготовленность работников и обслуживающего персонала.

В наши дни проблемы в сфере пожарно-профилактической работы не решаются, а, наоборот, обостряются. Очередная трагедия, связанная со смертельным пожаром, унесшим жизни десятков людей, произошла в г. Кемерово. Пожар, который случился 25 марта 2018 г., унес жизни 64 человека, большинство из которых – дети.

Прибывший на место трагедии Президент России В.В. Путин на совещании с главой МЧС России В.А. Пучковым, министром здравоохранения В. Скворцовой и председателем Следственного комитета А. Бастрыкиным задал присутствующим вопрос: «Что же у нас происходит? Это ведь не боевые действия, не выброс метана в шахте неожиданный. Люди пришли отдыхать, дети. Мы говорим о демографии и теряем столько людей. Из-за чего? Из-за какой-то преступной халатности, из-за разгильдяйства. Как это вообще могло случиться? В чем причина?» [12].

Литература

1. Антонченко В.В. Пожарная безопасность как объект уголовно-правовой охраны // Библиотека уголовного права и криминологии. 2015. № 3 (11). С. 18–24.
2. Жуков В.В. Опять «двойка» (о проблемах пожарной безопасности) // Право и безопасность. 2010. № 4 (37). С. 113–117.
3. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3649.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30 (ч. 1). Ст. 3579.
5. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2012. № 19. Ст. 2415.
6. Заливин А.Н., Слепцов И.В. Пожары и нарушения правил пожарной безопасности: уголовно-правовой и криминологический аспекты: учеб. пособие. М.: МСС МВД РФ, 1999. С. 23.
7. Сидоренко Э.Л., Телятников А.А. Обеспечение безопасности личности в российском уголовном праве: монография. М.: РПА Минюста России, 2010. С. 8.
8. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федер. закон от 26 дек. 2008 г. № 294-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 52 (ч. 1). Ст. 6249.
9. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/stats/Pozhariu> (дата обращения: 26.03.2018).
10. Терентьев А.В. Люди из окон зывали о помощи // Рос. газ. 2006. Федер. выпуск. № 3980.
11. «Хромая лошадь»: вина доказана, сроки названы // Интерфакс. URL: <http://www.interfax.ru/russia/304580> (дата обращения: 27.03.2018).
12. Совещание о ликвидации последствий пожара в Кемерове // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru> (дата обращения: 28.03.2018).

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**В.А. Зокоев, кандидат юридических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

На основе рассмотренных нормативно-правовых актов в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации предлагается заключить, что нынешнее состояние законодательства позволяет эффективно развиваться и достигнуть главную цель по совершенствованию гражданской обороны.

Ключевые слова: национальная безопасность, гражданская оборона, стратегия национальной безопасности Российской Федерации

SOME QUESTIONS OF NORMATIVE AND LEGAL SUPPORT OF CIVIL DEFENSE IN THE RUSSIAN FEDERATION

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

In this article, based on the reviewed regulatory legal acts in the field of ensuring the security of the population of the Russian Federation, it is proposed to conclude that the current state of the legislation allows for effective development and achievement of the main goal of improving civil defense.

Keywords: national security, civil defense, national security strategy of the Russian Federation

В современном мире гражданская оборона (ГО) Российской Федерации – это мощная система, которая включает огромный человеческий материальный и технический потенциал, направленный на обеспечение безопасности как государства, так и его граждан от опасностей, возникающих при военных конфликтах, и угроз природного и техногенного характера.

Сегодня ГО решает огромный спектр задач и играет важную роль в предупреждении и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), пожаров и техногенных катастроф, в повышении уровня подготовленности населения к действиям в ЧС, а так же формировании культуры безопасности жизнедеятельности (В.А. Пучков).

4 октября 2017 г. в Российской Федерации отметили 85-ю годовщину со дня образования ГО, в связи с чем в целях дальнейшего развития, а также формирования единых подходов к организации и ведению ГО на территории Российской Федерации, в МЧС России 2017 год был определен Годом гражданской обороны [1]. Данный факт является хорошим поводом оценить достигнутые результаты, а также определить приоритетные направления развития ГО.

Исторической датой создания ГО в России является 4 октября 1932 г., когда постановлением Совета Народных Комиссаров СССР было утверждено «Положение о местной противовоздушной обороне территории СССР». Данный нормативный документ стал основой для создания новой структуры, призванной решать сложные задачи по защите населения и экономики страны. Основная цель местной противовоздушной обороны заключалась в защите от воздушной опасности операций войск, бесперебойной деятельности тыла и обеспечении защиты населения.

На всех этапах становления ГО обеспечивала в первую очередь безопасность государства, а так же повышала уровень защищенности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС.

Сложно и невозможно было представить, что спустя 85 лет структура, созданная для защиты от воздушной опасности, перерастет в мощную систему, включающую огромные материальные, технические и человеческие ресурсы, которая обеспечивает безопасность государства и активно используется для защиты населения от рисков и угроз современного мира.

Силы ГО сегодня представлены высоко подготовленными специалистами, оснащенными современной техникой и экипировкой, являются эффективным инструментом защиты населения и территорий от природных катаклизмов и техногенных аварий, а также от опасностей, возникающих при военных конфликтах. Общая группировка сил ГО на сегодняшний день составляет более 1,2 млн человек.

Проведение единой государственной политики в области ГО в современном мире имеет цель обеспечить необходимый уровень защищенности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих как при военных конфликтах, так и в ЧС.

В основах государственной политики Российской Федерации в области ГО на период до 2030 г. определены задачи государственной политики в области ГО:

а) модернизация на основе современных требований нормативно-правовой и нормативно-технической базы в области ГО в части, касающейся защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС;

б) преобразование систем оповещения и информирования населения об опасностях, которые возникают при военных конфликтах и ЧС, а так же создание в установленном порядке локальных систем оповещения;

в) совершенствование подготовки должностных лиц федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций к выполнению основных мероприятий по ГО;

г) регулирование деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области ГО;

д) гарантия эффективного функционирования сил и средств гражданской обороны, поддержание должного уровня их готовности к применению по назначению, оснащение их специальной техникой и современным вооружением;

е) становление необходимых условий для дальнейшего развития системы обеспечения выполнения мероприятий по ГО с учетом географических, экономических и других особенностей территорий;

ж) формирование мероприятий по защите населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС, а также увеличение эффективности их выполнения;

з) введение современных методик защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС, с использованием технических средств, созданных в первую очередь отечественными производителями;

и) актуальный и необходимый учет тенденций изменения характера современных вооруженных конфликтов, а также проявлений экстремизма;

к) установление новых подходов к организации и ведению ГО, которые будут обеспечивать необходимый уровень защищенности населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, характерных для соответствующих территорий Российской Федерации, при минимальном уровне материальных и финансовых затрат [2].

Возникающие новые угрозы природного и техногенного характера, а также создание и развитие новых систем вооружения, постоянно побуждали необходимость разработки новых технологий защиты населения и территорий от них, а на современном этапе становления цивилизации – создание государственных систем защиты.

В связи с нарастанием рисков возникновения значительных ЧС природного и техногенного характера, в том числе связанных с глобальными переменами климата, а также угрозой возникновения очагов вооруженных конфликтов, актуальность проблем защиты населения и территорий от ЧС и угроз военного характера не снижается. Обусловлено это несколькими причинами.

Во-первых, ежегодный рост количества имеющих место природных и техногенных ЧС приводит к значительным жертвам и огромному материальному ущербу.

В Российской Федерации в 2016 г. произошло 299 ЧС, в том числе локальных – 184, муниципальных – 84, межмуниципальных – 12, региональных – 14, федеральных – 5. В результате ЧС погибло 788 чел., пострадало 130 959 чел., спасено 38 582 чел.

Количество ЧС в Российской Федерации увеличилось на 16,3 % по сравнению с 2015 г.

Общий материальный ущерб от ЧС в 2016 г. увеличился на 5,9 % по сравнению с предыдущим годом. В 2016 г. он составил 9 000,012 млн руб. (2015 г. – 8 505,89 млн руб.) [3].

Во-вторых, укрепление России происходит на фоне новых угроз национальной безопасности, имеющих комплексный взаимосвязанный характер:

- проведение Российской Федерацией самостоятельной внешней и внутренней политики вызывает противодействие со стороны США и их союзников, стремящихся сохранить свое доминирование в мировых делах. Реализуемая ими политика сдерживания России предусматривает оказание на нее политического, экономического, военного и информационного давления;

- расширение силового потенциала Организации Североатлантического договора (НАТО);

- риск увеличения числа стран – обладателей ядерного оружия, распространения и использования химического оружия, а также неопределенность относительно фактов обладания иностранными государствами биологическим оружием, наличия у них потенциала для его разработки и производства и т.д. [4].

Приведенные данные указывают на то, что в нынешних геополитических, экономических и военно-стратегических условиях вопросы защиты населения и территорий от ЧС и угроз военного характера остаются крайне актуальными, а так же являются важной государственной функцией, составной частью обеспечения национальной безопасности, что нашло свое отражение в Конституции Российской Федерации (ст.ст. 71, 72), федеральных законах «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994) и «О гражданской обороне» (1998), Стратегии национальной безопасности Российской Федерации и других нормативно-правовых документах. Данное обстоятельство, безусловно, требует дальнейшего совершенствования и развития защиты населения и территорий от ЧС как в мирное, так и в военное время.

В соответствии со Стратегией национальной безопасности Российской Федерации основными направлениями обеспечения национальной безопасности Российской Федерации являются стратегические национальные приоритеты, которыми определяются задачи важнейших социальных, политических и экономических преобразований для создания безопасных условий реализации конституционных прав и свобод граждан Российской Федерации, осуществления устойчивого развития страны, сохранения территориальной целостности и суверенитета государства [4].

Национальная безопасность определяется состоянием защищенности личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз, которое позволяет обеспечить конституционные права, свободы, достойные качество и уровень жизни граждан, суверенитет, независимость, государственную и территориальную целостность и устойчивое социально-экономическое развитие Российской Федерации, и включает в себя оборону страны и все виды безопасности.

Состояние национальной безопасности напрямую зависит от степени реализации стратегических национальных приоритетов и эффективности функционирования системы обеспечения национальной безопасности.

Важную роль играет готовность сил и средств ГО, которая обеспечивается заблаговременно путем проведения мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера.

Обеспечение национальной безопасности в ЧС в мирное время достигается путем совершенствования и развития Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (в том числе территориальных и функциональных сегментов), ее интеграции с аналогичными зарубежными системами.

Функционирование Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций осуществляется в условиях геополитической нестабильности

и на фоне новых угроз национальной безопасности Российской Федерации, имеющих комплексный взаимосвязанный характер.

Определены основные угрозы, влияющие на состояние защиты населения и территорий от ЧС, являются:

а) стихийные бедствия, в том числе вызванные глобальным изменением климата, активизацией геофизических и космогенных процессов;

б) техногенные аварии и катастрофы, в том числе вызванные ухудшением состояния объектов инфраструктуры, а также возникшие вследствие пожара или стихийного бедствия;

в) особо опасные инфекционные заболевания людей, животных и растений, в том числе связанные с увеличением интенсивности миграционных процессов и повышением уровня урбанизации [5].

Обозначенные вопросы совместно с задачами по обеспечению национальной безопасности в ЧС предполагается достичь в первую очередь путем наращивания эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, обновления парка технологического оборудования и технологий производства на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения, а так же внедрения новых средств оповещения и информирования населения в местах их массового пребывания. Предполагается разработка новых систем принятия решений по снижению риска террористических актов и ослаблению последствий ЧС техногенного и природного характера.

Одной из важнейших задач, стоящих перед системой МЧС России, является поддержание в готовности сил и средств ГО.

В соответствии с Федеральным законом от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ «О гражданской обороне» ГО – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера.

Из вышесказанного можно заключить, что ГО представляет систему правовых, экономических, организационных и технических мер, которые гарантируют защиту населения и территорий как в мирное, так и в военное время от внутренних и внешних угроз. Правоотношения, возникающие в области ГО, – это общественные отношения, урегулированные нормами права и иными нормативно-правовыми актами в сфере защиты населения и территорий как в мирное, так и в военное время от угроз, возникающих при ведении военных конфликтов или вследствие этих конфликтов, а также при возникновении ЧС природного и техногенного характера [6].

Правовое регулирование в области ГО осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О гражданской обороне», другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации. Органы местного самоуправления в пределах своих полномочий так же могут принимать муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы ГО [7].

Основными задачами в области ГО являются:

- подготовка населения в области ГО;
- оповещение населения об опасностях, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера;
- эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы;
- предоставление населению средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение мероприятий по световой маскировке и другим видам маскировки;
- проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в случае возникновения опасностей для населения при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера;

- первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера;
- борьба с пожарами, возникшими при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов;
- обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому или иному заражению;
- санитарная обработка населения, обеззараживание зданий и сооружений, специальная обработка техники и территорий;
- восстановление и поддержание порядка в районах, пострадавших при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера;
- срочное восстановление функционирования необходимых коммунальных служб в военное время;
- срочное захоронение трупов в военное время;
- обеспечение устойчивости функционирования организаций, необходимых для выживания населения при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при ЧС природного и техногенного характера;
- обеспечение постоянной готовности сил и средств ГО [8].

В основах единой Государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 г. определены приоритетные направления государственной политики в области ГО:

- а) совершенствование нормативно-правовой, нормативно-технической и методической базы в области ГО с учетом изменений, вносимых в законодательные акты Российской Федерации, и внедрения в Российской Федерации системы стратегического планирования;
- б) совершенствование системы управления ГО, систем оповещения и информирования населения об опасностях, возникающих при военных конфликтах и ЧС;
- в) совершенствование методов и способов защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах и ЧС;
- г) развитие сил ГО путем совершенствования их организации и подготовки к использованию по назначению, а также путем повышения уровня их оснащенности современной специальной техникой;
- д) повышение качества подготовки населения в области ГО;
- е) развитие международного сотрудничества в области ГО [2].

Определены конкретные мероприятия по реализации приоритетных направлений государственной политики в области гражданской обороны.

Данные мероприятия нашли свое отражение в докладе министра МЧС России «О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС–2030)» в следующем виде – ГО к 2030 г. должна стать современной эффективной системой защиты населения и территорий от ЧС как в военное, так и в мирное время [9, 10].

На основе проведенного анализа нормативных документов в области безопасности и в области ГО можно заключить о том, что современная правовая база в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации, а так же в области ГО предоставляет возможность энергично развиваться и двигаться к главной цели, которая заключается в том, что «Гражданская оборона к 2030 году должна стать современной высокоэффективной системой защиты населения и территорий от ЧС, способной обеспечить необходимый уровень защищенности населения, материальных и культурных ценностей как в военное, так и в мирное время».

Литература

1. О проведении в системе МЧС России Года гражданской обороны: Приказ МЧС России от 21 нояб. 2016 г. № 609 // МЧС России. URL: <http://03.mchs.gov.ru/document/5105169> (дата обращения: 17.12.2017).
2. Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 20 дек. 2016 г. № 696. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
3. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году: гос. доклад. Доступ из инф.-правового портала «Гарант».
4. О стратегии национальной безопасности Рос. Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 31 дек. 2015 г. № 683. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от ЧС на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 11 янв. 2018 г. № 12 // МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/law/Ukazi_Prezidenta_RF/item/33478267 (дата обращения: 17.12.2017).
6. Зокоев В.А. Законодательное обеспечение гражданской обороны // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2013. № 4 (11). С. 36–41.
7. Уткин Н.И., Немченко С.Б. Обзор законодательства в сфере пожарной безопасности, гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 4. С. 105–117.
8. О гражданской обороне: Федер. закон от 12 февр. 1998 г. № 28-ФЗ // МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/law/Federalnie_zakoni/item/5378557 (дата обращения: 17.12.2017).
9. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС-2030): доклад Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий В.А. Пучкова // МЧС России. URL: http://www.mchs.gov.ru/law/Ukazi_Prezidenta_RF/item/33478267 (дата обращения: 17.12.2017).
10. Зокоев В.А. Гражданская оборона как составная часть системы национальной безопасности страны // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2013. № 2 (19). С. 45–51.



ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО. ОХРАНА ТРУДА

ПИТЬЕВОЙ РЕЖИМ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

**Ю.А. Титаренко, кандидат педагогических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Изложена дополнительная информация об особенностях сохранения водного баланса организма занимающихся физической культурой и спортом. Предложены способы сохранения быстрого восстановления организма в условиях высоких физических нагрузок и повышенной температуры окружающей среды.

Ключевые слова: спортивная форма, питьевой режим, экстремальные условия, физическая нагрузка, физические упражнения

DRINKING MODE DURING EXERCISE

Yu.A. Titarenko. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Additional information about the features of the water balance of the organism engaged in physical culture and sports is presented. The ways of preservation of fast restoration of an organism in the conditions of high physical loadings and the raised temperature of environment are offered.

Keywords: physical preparation, physical exercises, adaptive reactions, working capacity, special physical qualities

Правильное и своевременное обеспечение водой организма человека обуславливает его успешное функционирование как при занятиях спортом, так и при выполнении служебных обязанностей в условиях высокой температуры окружающей среды (например, работа на пожаре). В крови вода составляет 90 % от всего объема, в тканях мозга – 75 %, в мышечных тканях – 80 %. Этих цифр достаточно, чтобы понять, что без воды организм не сможет нормально функционировать [1].

Во время длительной, физической нагрузки происходит интенсивное напряжение мышц, при котором организм выделяет тепло. Избавление от излишнего тепла происходит с помощью пота, вместе с которым выделяются продукты обмена веществ. При высоких физических нагрузках человек может выделять свыше 2 л пота в час и более 200 веществ, в первую очередь натрий и в меньшей степени калий и кальций. В этих условиях происходит обезвоживание организма, которое отрицательно влияет на работоспособность и состояние здоровья человека. Кровь сгущается, что затрудняет ее перемещение сердечной мышцей, в результате этого наступает кислородное голодание. Сердце работает с повышенной нагрузкой, но эффективность снабжения мышц полезными веществами от этого не улучшается. В организме постепенно происходит накопление вредных продуктов обмена веществ. В конечном итоге это приводит к резкому снижению работоспособности, а, возможно, и к потере сознания.

Есть существенные различия между тренированным и нетренированным организмом по возможностям переносить обезвоживание. Тренированные спортсмены могут

компенсировать отсутствие воды за счет дополнительного объема плазмы при потере веса до 3 %, нетренированные – около 2 %.

Проблема компенсации потерянной жидкости состоит в том, что за час интенсивной физической нагрузки можно потерять до 1,5 л жидкости, а если выпивать за это же время более 700 мл жидкости то она не успевает усваиваться, что приводит к проблемам с желудочно-кишечным трактом [2].

Для поддержания водного баланса в организме необходимо знать, сколько по объему и какую по составу жидкость необходимо пить. Каждый человек индивидуален. При одних и тех же нагрузках у разных людей теряется разное количество жидкости и веществ. Свой уровень потери жидкости (гидрации) можно определить по следующим признакам:

- уровень потоотделения;
- соленый вкус пота требует дополнительно натрия, чем выше уровень тренированности организма, тем меньше он выделяет натрия;
- изменения веса во время нагрузки более 1,5 кг.

Особое внимание необходимо уделить восполнению натрия. Если при длительных физических нагрузках (свыше 4 ч) пить только чистую воду, в организме могут возникнуть физиологические проблемы. В литре напитка должно быть не менее 300 миллиосмоль натрия, что соответствует его естественному уровню в крови. Такой напиток называется «изотоническим». При более высокой концентрации натрия напиток называется «гипертоническим».

Если тренировка длится до 50 мин, достаточно обычной питьевой воды. При более длительных нагрузках для поддержания водно-солевого баланса рекомендуется применять изотонические напитки. Помимо утоления жажды изотоники помогают восстановить запасы гликогена в организме и лучше усвоить минеральные вещества. Кроме этого, они не допускают сокращения объема крови, препятствуют повышению температуры тела, питают мышцы, снижают утомление.

Во время физической нагрузки организм человека использует энергию в первую очередь углеводов, затем жиров и в крайнем случае белков. Основным источником энергии являются углеводы. Находятся они в основном в крови, мышцах и печени. Наступление усталости говорит об их израсходовании. По своей природе углеводы делятся на:

- быстроусвояемые (простые), усваиваются 5–10 мин, к ним относятся – глюкоза, фруктоза, лактоза, мальтоза, сахароза;
- медленно усвояемые (сложные), усваиваются 20–30 мин, к ним относятся крахмал и гликоген;
- неусвояемые (растворимые и нерастворимые), к ним относятся пищевые волокна, клетчатка, пектины, целлюлоза.

Различаются углеводы по гликемическому индексу (ГИ) который показывает скорость расщепления организмом продуктов содержащих углеводы. Величина ГИ изменяемая и зависит от сочетания продуктов, степени термической и производственной обработки [3].

Важен уровень углеводов в напитке. Он должен быть не более 5 %. Более высокое содержание может привести к дефициту жидкости в организме и вызвать расстройство пищеварительной системы. Прием охлажденной, а не теплой жидкости, также улучшает работоспособность организма. Необходимо знать, что однократный прием более 300 мл жидкости во время физической нагрузки приводит к чувству дискомфорта и ослаблению организма. Подбор состава напитка индивидуален и зависит от уровня тренированности, величины физической нагрузки и температуры окружающей среды.

Количественный режим индивидуального потребления жидкости для восстановления водно-электролитного баланса организма человека в процессе и после перенесенных нагрузок определяется физиологическим уравнением баланса жидкости в организме.

Правильный прием напитков подразумевает их прием не только во время тренировки, но и до ее начала, а также по окончании. В зависимости от величины предстоящей нагрузки

и температуры воздуха за 1–1,5 ч до тренировки выпивают до 400 мл воды. После окончания нагрузки можно выпить до 300 мл [4].

Питьевой режим – это такой порядок потребления воды, который зависит от характера и степени тяжести работы, а также условий окружающей среды. Питьевой режим особенно важен при обильной потере воды организмом, что может иметь место в условиях жаркого климата, при длительной и значительной физической нагрузке. Недостаток воды вызывает в организме значительные сдвиги электролитного баланса, что проявляется такими симптомами, как снижение массы тела, увеличение вязкости крови, учащение пульса и дыхания, возникновение жажды и тошноты, сухость кожи и др.

Правильный питьевой режим способствует нормализации водно-солевого обмена и улучшает деятельность нервной системы, а также функционирования всех органов.

Таким образом, поддержание постоянства водно-солевого баланса внутренней среды и оптимального уровня адаптации человека к физическим нагрузкам решает следующие задачи:

- возмещение жидкости в организме в процессе выполнения нагрузки и в период восстановления;
- поддержание оптимального баланса электролитов и минералов в организме на всех этапах тренировочной и соревновательной деятельности.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Физиологические и социальные аспекты адаптации человека к экстремальным условиям. Узловые варианты современной физиологии. Томск, 1984. С. 47–63.
2. Анисимов А.А. Водносолевой обмен. Основы биохимии. М.: Высш. шк., 2006. 551 с.
3. Сухоруков В.П. Водно-электролитный обмен, нарушения и коррекция: учеб. пособие для врачей и курсантов ФУВ. Киров: Кировская гос. мед. акад., 2006. 143 с.
4. Нижегородский медицинский сайт. URL: www.medicum.nnov.ru (дата обращения: 03.12.2017).



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антонченко Вадим Викторович – зам. нач. по учеб.-науч. работе Дальневост. пож.-спас. акад. МЧС России (690091, г. Владивосток, о. Русский остров, п. Аякс, д. 27), канд. юрид. наук;

Астанков Андрей Александрович – ст. науч. сотр. ВЧ № 48273 СПб (190000, Санкт-Петербург, Центр, в/ч № 48273), канд. техн. наук, доц.;

Бардулин Евгений Николаевич – зав. каф. упр. и интегрир. маркетинг. коммуникаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-76, канд. экон. наук, проф.;

Беззапонная Оксана Владимировна – вед. науч. сотр. Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), e-mail: bezzaponnaya@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Боева Алина Алексеевна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Булатов Вячеслав Олегович – доц. каф. практич. подгот. сотр. пож.-спасат. формирований СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Воднев Сергей Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vodnevsergei@bk.ru;

Воронин Сергей Владимирович – ст. инспектор группы контроля кач-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Вытовтов Алексей Владимирович – Воронеж. ин-т – филиал Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (394052, г. Воронеж, ул. Краснознамённая, д. 231);

Горбунов Алексей Александрович – зам. нач. СПб ун-та ГПС МЧС России – нач. ин-та заоч. и дистанцион. обуч. (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Головина Екатерина Валерьевна – адъюнкт Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), e-mail: ekaterinagolovina@yandex.ru;

Думчева Мария Михайловна – курсант 5 курса фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Елисеев Игорь Борисович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: eliseeff.gosha2014@yandex.ru;

Елисеев Юрий Николаевич – вед. науч. сотр. отд. инструмент. методов и техн. ср-в экспертизы пожаров Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

Зокоев Валерий Анатольевич – нач. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zva80@bk.ru, канд. техн. наук, доц.;

Иванченко Александр Андреевич – зав. каф. двигателей внутр. сгорания и автоматики судовых энергетич. установок Гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова (198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, д. 5/7), д-р техн. наук, проф., действит. член Акад. транспорта РФ;

Казакова Надежда Рашидовна – инсп. отд. надзор. деят. отд. надзор. деят. и профилактик. работы Кировского р-на упр. надзор. деят. и профилактик. работы ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу (198099, Санкт-Петербург, ул. Трефолева, д. 43), канд. техн. наук;

Калач Андрей Владимирович – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, составляющих гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), д-р хим. наук, проф.;

Комаров Максим Ильич – доц. каф. практ. подгот. сотр. пож.-спас. формирований СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук;

Комашинский Владимир Ильич – зам. дир-ра по науч. работе Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: kama54@rambler.ru, д-р техн. наук, доц.;

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. отд. перспект. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), д-р мед. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Крюкова Марина Сергеевна – зам. нач. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: krukova_ms@mail.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), канд. пед. наук, доц.;

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.;

Лещинский Павел Дмитриевич – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: leshinskiipavel250689@mail.ru;

Лосев Михаил Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105 Санкт-Петербург, Московский проспект 149), e-mail: losev181983@mail.ru;

Львова Юлия Владимировна – ст. науч. сотр. отд. перспект. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Максимов Александр Викторович – препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: he1nze_10@mail.ru, канд. техн. наук;

Матвеев Александр Владимирович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: fcvega_10@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Мурзин Сергей Михайлович – Уральский ин-т ГПС МЧС России (620062, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22);

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: onov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Пономорчук Александр Юрьевич – слушатель фак-та пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Потапенко Вячеслав Викторович – нач. каф. пож. безопасн. Воен. ин-та (инж.-техн.). Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулёва Министерства обороны Рос. Федерации (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), e-mail: vatt-srb@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

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. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: romanov_n.n@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Руднев Евгений Владимирович – инж. отд. сертификации науч.-техн. продукции в обл. пож. безопасн. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35);

Рязанов Андрей Анатольевич – Уральский ин-т ГПС МЧС России (620062, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22);

Скодтаев Сослан Владиславович – ст. науч. сотр. отд. эксперт. пож. и орг. подгот. экспертов Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), тел.: (812) 441-06-83, e-mail: ficentre@igps.ru;

Скрипник Игорь Леонидович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Сысоева Татьяна Павловна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

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); зав. лаб. проблем безопасн. транспортных систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Терёхин 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.;

Титаренко Юрий Алексеевич – проф. каф. физ. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел.: (812) 369-25-85, канд. воен. наук, доц.;

Турсенев Сергей Александрович – нач. отд. планирования, орг. и координации науч. исслед. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Фахми Шакиб Субхиевич – вед. научн. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН; проф. каф. САПР СПб гос. электротехн. ун-та «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5), e-mail: shakeebf@mail.ru, д-р техн. наук;

Фомин Александр Викторович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф.;

Черных Андрей Климентьевич – проф. каф. переподгот. и повыш. квалиф. спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nataliachernykh@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Шангин Виктор Николаевич – зам. нач. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Шепелюк Сергей Михайлович – проф. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Шидловский Александр Леонидович – нач. каф. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Московский пр., д. 149, Санкт-Петербург), e-mail: shaten7575@inbox.ru, канд. техн. наук, доц.;

Шидловский Григорий Леонидович – нач. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Щётка Владимир Фёдорович – проф. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vfsche@mail.ru, канд. воен. наук, проф.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 30 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по программам среднего, высшего профессионального образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. В целом в университете реализуется 93 образовательные программы.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы Чижигов Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям: «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 1 член-корреспондент РАН, 5 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 12 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 40 докторов наук, 212 кандидатов наук,

40 профессоров, 106 доцентов, 18 академиков отраслевых академий, 11 членов-корреспондентов отраслевых академий, 4 старших научных сотрудника, 8 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 1 почетный работник высшего профессионально-технического образования Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации и 2 почетных работника общего образования Российской Федерации.

В составе университета:

- 35 кафедр;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт культуры;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;
- три факультета: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации.

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

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

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

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

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Судебная экспертиза», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Технологическая безопасность и горноспасательное дело», «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

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

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 6 837 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

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

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Так же университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

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

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и Постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 11 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями Университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-Сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны (МОГО), Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

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

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, информационно правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 320 000 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса США). Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2018 г. в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати, включая иностранные журналы, активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых

научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

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

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

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

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

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

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

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

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

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в текст или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

- б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);
- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
- б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере
№ 2 (46) – 2018

Подписной индекс № 16401 в «Каталоге российской прессы (ООО МАП)»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 29.06.2018. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 20,5 Тираж 1000 экз. Зак. № 00

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