

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 4 (40) – 2021

Редакционный совет

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

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

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

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

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

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

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

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

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

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

кандидат технических наук, доцент **Матвеев Александр Владимирович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий;

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

Секретарь коллегии:

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



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Самигулин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Оценка пожарной опасности грузовых перевозок железнодорожным транспортом на примере станции «Сортировочная» Октябрьской железной дороги..... 4

Никитин Е.В., Кириченко А.В., Сошкин П.А. Оценка масштаба и продолжительности свободного развития пожара в условиях неполной герметизации газоплотного помещения..... 10

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Модель теплообмена при самовозгорании пиррофорных материалов..... 18

Лабинский А.Ю. Особенности разработки программ в среде Lazarus..... 25

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Подмарков В.В., Иванов А.В., Лукашина И.Е. Анализ обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров..... 32

Шупнев Д.С., Семенов А.Н., Бычков А.В. Актуальные вопросы пожарной безопасности объектов с массовым пребыванием людей..... 37

Подгорный Д.Ю., Семенов А.Н., Рогожкин В.В. Актуальные вопросы безопасности участников тушения пожара на автомобильной газонаполнительной компрессорной станции..... 39

Кузнецов Д.А., Теняев А.Н., Ткаченко А.Ю. Особенности тушения пожаров в зданиях повышенной этажности..... 42

Медведев А.Ю., Земсков В.С., Сокольский Д.А. Технические решения по обеспечению безопасности при обслуживании шин пожарных автомобилей..... 46

Сведения об авторах..... 52

Информационная справка..... 54

Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)..... 59

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

ББК Ц.9.3.2

УДК 504+614.8(051.2)

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

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 614.864

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ НА ПРИМЕРЕ СТАНЦИИ «СОРТИРОВОЧНАЯ» ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Г.Х. Самигуллин, доктор технических наук, доцент;
Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Изучены данные по осуществлению пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом. Выполнен анализ аварийности на объектах железнодорожного транспорта, где одновременно может находиться большое количество людей и параллельно осуществляться перевозка значительных объёмов грузовых перевозок. На примере железнодорожной станции «Сортировочная» выполнен расчет пожарного риска по алгоритму, который приведен в отраслевой нормативной документации. По результатам расчетов было установлено, что уровень пожарной безопасности рассматриваемого объекта транспортной инфраструктуры соответствует нормативно обоснованному уровню в части обеспечения безопасности.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железная дорога, опасные грузы, транспортировка, перевозка, пожарная безопасность, чрезвычайная ситуация, катастрофа, авария, оценка риска

ASSESSMENT OF THE FIRE HAZARD OF FREIGHT TRANSPORTATION BY RAIL ON THE EXAMPLE OF THE STATION «SORTIROVOCHNAYA» OF THE OKTYABRSKAYA RAILWAY

G.Kh. Samigullin; E.N. Kadochnikova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Data on the implementation of passenger and freight transportation by rail have been studied. The analysis of accidents at railway transport facilities, where a large number of people can be located at the same time and significant volumes of freight traffic can be transported in parallel, is carried out. On the example of the railway station "Sortirovochnaya", the fire risk calculation was performed according to the algorithm given in the industry regulatory documentation. According to the results of calculations, it was found that the level of fire safety of the transport infrastructure object in question corresponds to the normatively justified level in terms of safety.

Keywords: railway transport, railway, dangerous goods, transportation, transportation, fire safety, emergency, disaster, accident, risk assessment

Железнодорожный транспорт является одним из самых развитых видов транспорта, который имеет обширную и разнообразную инженерно-организационную инфраструктуру. На перевозку и транспортировку грузов данным видом транспорта приходится более половины от общего объема перевозимых грузов всеми существующими видами транспорта. При этом основная отличительная черта данного вида транспорта – это возможность перевозить определенный вид груза в значительных размерах и объеме. Исключением не стала и перевозка опасных грузов, транспортировка которых представляет высокую пожарную опасность.

Как правило, аварии на железнодорожном транспорте, связанные с перевозкой опасных грузов, происходят достаточно часто и почти всегда являются довольно резонансными в социально-информационном плане, наносят физический и материальный ущерб персоналу, населению, элементам инженерной инфраструктуры и окружающей среде. Объекты железнодорожного транспорта – это всегда объекты с массовым пребыванием людей, будь то железнодорожные станции или вокзалы, пункты погрузки и т.д. На данных объектах всегда есть угроза безопасности для граждан, а также для персонала, обеспечивающего его функционирование. Объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта практически всегда находятся в населенных пунктах, что, в свою очередь, является значительной потенциальной угрозой людям, находящимся или проживающим вблизи таких объектов [1].

Пожары, возникающие на объектах железнодорожного транспорта вблизи жилых и административных зданий населенных пунктов, всегда является потенциальной угрозой. Распространение пожара, особенно если происходит горение опасных грузов с возможностью взрыва или утечки опасных веществ, угрожающих жизни и здоровью людей, всегда является важной причиной уделять большое внимание вопросам обеспечения пожарной безопасности.

Свидетельством важности вопросов обеспечения пожарной безопасности может служить статистическая информация, иллюстрирующая безопасность транспорта в сравнении с другими видами транспорта. На рисунке можно увидеть, как в процентном соотношении распределились все виды транспорта по количеству происшествий. При этом, в данной диаграмме учитывались как пожары и аварии, так и катастрофы и чрезвычайные ситуации (ЧС).

Можно сделать простой вывод, что железнодорожный транспорт здесь не занимает лидирующее положение, тем не менее, концентрирует в себе значительный негативный потенциал в отношении постоянного обслуживающего персонала, путешествующих пассажиров и местного населения, чьи жилые дома и имущество располагаются в доступной близости от таких объектов, как маневровая железнодорожная сеть, капитальные депо, здания вокзалов и привокзальные сооружения.

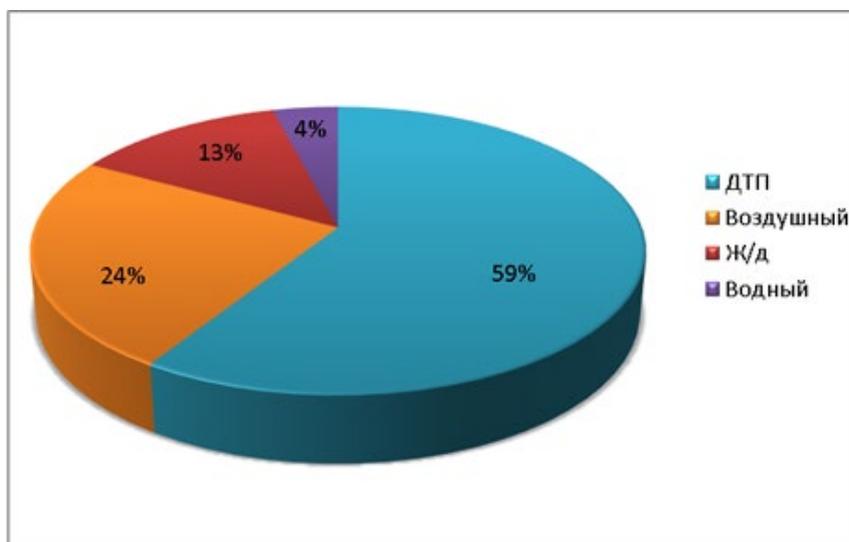


Рис. Показатели происшествий на различных видах транспорта

При оценке и анализе пожаров, ЧС и других видов катастроф необходимо всегда учитывать процентное соотношение грузооборота на всех видах транспорта, так как это необходимый аспект при оценке рисков при осуществлении грузовых перевозок как на всех видах транспорта, так и на железнодорожном в отдельности (табл.).

Таблица. Грузооборот по видам транспорта

Вид транспорта	Грузооборот	
	млрд тонно-километров	%
Автомобильный	245,9	4,8
Водный	104,2	2,1
Воздушный	5,1	0,1
Железнодорожный	2299,0	45,3
Трубопроводный	2423,8	47,7

Как видно из представленной информации, более 45 % грузовых перевозок осуществляется железнодорожным транспортом, а это, в свою очередь, увеличивает вероятность возникновения аварий и пожаров на железнодорожном транспорте.

Наибольшую опасность представляют следующие грузы: легковоспламеняющиеся, горючие, взрывчатые, радиоактивные и химические вещества, материалы и изделия – это всегда потенциальная угроза возникновения пожара, аварии, катастрофы или ЧС. При этом последовательность возникновения может быть разной: возникший пожар может перерасти в аварию, катастрофу или ЧС и, наоборот, авария, катастрофа или ЧС может перерасти в пожар с отрицательными последствиями (утечка химически опасных веществ, которые несут в себе значительную угрозу жизни и состоянию здоровья большого количества людей) [2].

При возникновении пожара существует угроза его распространения на объекты железнодорожного транспорта с массовым пребыванием людей (пассажиры, персонала или людей, находящихся вблизи объектов). Большинство таких объектов как вокзалы и железнодорожные станции включают в себя наличие пунктов общественного питания, общественной торговли, гостиниц и общежитий, рабочих помещений по работе с пассажирами (залы продажи билетов и залы ожиданий, багажные камеры и т.д.). При пожаре всегда есть вероятность перехода пламени и дальнейшего распространения пожара по данным помещения, зданиям и сооружениям. Пожарная нагрузка позволяет пожару быстро распространиться по всей площади таких помещений и возникает угроза людям, находящимся внутри. В случаях, когда горение происходит на открытой площади, опасные факторы пожара так же могут воздействовать на людей, а если к этому еще добавить и характеристики опасных грузов, которые при горении различных веществ и материалов различны, возникают и дополнительные опасные факторы воздействия.

На этапе сортировки, погрузки и формирования железнодорожных составов существует большая вероятность возникновения нештатной ситуации по причине неправильного обращения с грузами. Прежде всего, компания, которая отвечает за транспортировку, должна полностью учитывать характеристики грузов, документацию на них и маркировку упаковки. При соблюдении всех требуемых условий груз не является потенциальной опасностью, но при малейшем нарушении какого-либо из требуемых параметров работы с грузом, это может стать причиной возникновения пожара, аварии или ЧС [3]. Неквалифицированный персонал и некачественная работа с опасными грузами может повлечь катастрофические последствия при возникновении нештатной ситуации.

Не стоит исключать вероятность возникновения пожара или ЧС в ходе движения железнодорожного состава между пунктами убытия и прибытия, то есть в ненаселенной части маршрута. В таких случаях существует большая вероятность экологического вреда окружающей среде в зависимости от условий местности, где проходят железнодорожные пути. Любая утечка химически опасных, токсичных или радиоактивных веществ – это всегда угроза для флоры и фауны, а возникновение пожаров в железнодорожных составах с горючими и взрывчатыми веществами – еще и угроза распространения различного рода пожаров ландшафтного характера.

Все приведенные выше сведения являются актуальными применительно и к сортировочной станции Октябрьской железной дороги, которая находится на территории Санкт-Петербурга, одной из крупнейших в Российской Федерации. Станция занимает значительную территорию, начинающуюся от центральной части города и заканчивающуюся за пределами КАД. На относящейся к ней и вплотную прилегающих территориях находятся такие объекты, как:

- остановки для пригородных электричек и пассажирских поездов местных направлений;
- два автомобильных путевых моста – в створе улицы Цимбалына и проспекта Славы;
- здания и сооружения депо сортировочной станции;
- помещения вагоноремонтных предприятий;
- сооружения системы электро- и энергоснабжения РЖД и пр.

По информации на конец 2020 г., в среднем в сутки на станцию «Сортировка» прибывают более 130 различных составов дальнего следования, а также формируются более 110 различных грузопассажирских поездов, что суммарно обуславливает величину грузооборота по эквиваленту более 13 000 вагонов.

В качестве примера для расчета пожарных рисков было выбрано административное здание Санкт-Петербургского отделения железнодорожного транспорта России на Октябрьской железной дороге как здание с массовым пребыванием людей – рабочим персоналом и расположенное вблизи железнодорожных путей и служебных технических помещений, где обращаются опасные вещества, материалы и изделия.

Расчет пожарного риска требуется проводить с учетом определенного перечня значимых показателей, которые определяются по нормированным процедурам и алгоритмам. Первоочередной задачей при этом являлся детальный анализ пожарной опасности, дающий ответ на вопросы о возможности образования горючей среды, наличии высоковероятных источников зажигания и возможности распространения либо перерастания локального пожара в крупномасштабный. На следующем этапе вычисляются по статистическим данным или определяются по справочной литературе частоты образования технических аварий в совокупности с возможностью возникновения пожароопасной ситуации. При высоких показателях возможности образования пожара оцениваются численные значения представляющих опасность факторов пожара (высокая температура, задымление территории, тепловое излучение, волна избыточного давления и др.). При этом должна проводиться оценка негативного влияния и величины воздействия опасных факторов пожара на людей с учетом реализованных противопожарных мероприятий организационно-технического характера, исправности и наличия систем, участвующих в обеспечении пожарной безопасности зданий и живучести инженерных конструкций.

Рассматриваемое административное здание было подвергнуто детальному анализу, при котором проводился учет особенностей объемно-планировочных характеристик, влияющих на возможную динамику пожароопасной ситуации и степень воздействия опасных факторов пожара на находящихся внутри помещений людей. Было установлено, что соответствие параметров систем противопожарной защиты нормативным показателям значительно уменьшает динамику распространения пожара в здании.

Для обеспечения корректности данных, используемых при решении задач в части пожарной опасности, такие показатели как частоты возникновения возможных пожароопасных ситуаций в зданиях административно-бытового назначения определялись по справочным данным, исходя из информации, приведенной в источниках [4–5].

Ключевым моментом оценки пожарных рисков на производственных объектах транспортной инфраструктуры является построение полей различных опасных факторов пожара. Для этой цели был предложен ряд возможных сценариев, в рамках которых производилась разнообразная локализация мест первоначального образования очага пожара, а также рассматривался полный спектр особенностей развития пожароопасной ситуации. Расчетная область варьировалась с использованием различных степеней масштабирования, при этом учитывался широкий спектр параметров окружающей среды и показателей внутри помещений.

Оценка пожарного риска производилась на основании широко используемых для решения подобных задач вероятностных критериев, которые в полной мере отражают вероятность поражения людей основными и наиболее опасными факторами пожара. Согласно требованиям приказа МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приказ МЧС России № 382) [6], приемлемой величиной расчетного показателя индивидуального пожарного риска является выполнение неравенства следующего вида:

$$Q_B \leq Q_B^H,$$

где Q_B^H – максимальное значение индивидуального пожарного риска, соответствующее нормативным требованиям безопасности, составляющее величину, равную 10^{-6} год $^{-1}$; Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Итоговое значение расчетного пожарного риска для административно-бытовых и производственных зданий принимается из совокупности полученных значений для рассматриваемого перечня предполагаемых сценариев пожара в соответствии с приведенным ниже выражением:

$$Q_B = \max\{Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N}\},$$

где $Q_{B,i}$ – полученная расчетная величина для пожарного риска, соответствующая некоторому i -му сценарию протекания пожара; N – общее число возможных сценариев пожара, подвергнутых рассмотрению.

Расчетная величина индивидуального риска $Q_{B,i}$ для i -го сценария пожара в зданиях определяется по выражению:

$$Q_{B,i} = Q_{\Pi,i} \cdot (1 - K_{АП,i}) \cdot P_{ПР,i} \cdot (1 - P_{Э,i}) \cdot (1 - K_{ПЗ,i}),$$

где $Q_{\Pi,i}$ – характеристика, описывающая с какой частотой возникают пожароопасные ситуации в зданиях и сооружениях в течение календарного года. Для рассматриваемого здания Октябрьской железной дороги эта характеристика, ввиду отсутствия статистической информации, была принята равной значению $Q_{\Pi} = 4 \cdot 10^{-2}$; $K_{АП,i}$ – коэффициент, характеризующий наличие в помещениях и работоспособность установок автоматического пожаротушения (АУП) в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности. Если здание не оборудовано установками пожаротушения либо их работоспособность не обеспечена, значение данного коэффициента принимается равным нулю.

Расчетное значение вероятности присутствия персонала в помещениях здания определялось по выражению вида:

$$P_{ПР,i} = \frac{t_{\text{функц},i}}{24},$$

где $t_{\text{функц},i}$ – время нахождения персонала в помещениях здания, часов.

Расчетное время эвакуации людей t_P из помещений и зданий определялось путем построения соответствующей математической модели перемещения людского потока до полного их выхода из зданий. В расчете принималось условное разделение здания на участки, что зависит от типа эвакуации, где расположено оборудование и находятся люди.

Итоговое расчетное время эвакуации людей оценивалось как сумма времени эвакуации людей на каждом участке по времени от начала процесса и составило величину $t_p + t_m = 2,41$ мин.

При расчете значений индивидуального пожарного риска было учтено, что здание оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией и системой автоматической пожарной сигнализации, соответственно отражено при расчете вероятности эффективной работы этих технических средств по обеспечению пожарной безопасности здания [7].

Вероятность присутствия людей в здании, определена по соотношению (с учетом круглосуточной работы):

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24} = \frac{13}{24} = 0,54.$$

Значение показателя, характеризующего частоту образования пожароопасных ситуаций для рассматриваемого здания в течение одного года, определялось по сведениям, изложенным в приказе МЧС России № 382 [6], применительно к рассматриваемому административному зданию было принято $Q_{п} = 3,88 \cdot 10^{-2}$.

Значение параметра $K_{ап,i}$ принимается равным $K_{ап,i} = 0,9$, так как оборудование здания автоматическая установкой пожаротушения в соответствии с СП 5.13130.2009 [8] не требуется.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{в,i}$, для *i*-го сценария пожара в зданиях:

$$Q_{в} = Q_{п} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot (1 - P_{э}) \cdot (1 - K_{пз}) \cdot P_{пр} = 3,88 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,64) \cdot 0,54 = 0,76 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Проведенный расчет доказывает, что величина индивидуального пожарного риска в здании соответствует требованиям и не превышает допустимых значений, установленных ст. 79, п. 1 Федерального закона Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [9], что позволяет считать уровень пожарной безопасности административного здания Санкт-Петербургского отделения железнодорожного транспорта России на Октябрьской железной дороге обеспеченной. При этом следует учесть, что инфраструктура объекта защиты – станция «Сортировочная» очень многопланова и включает в себя целый комплекс различных зданий и сооружений. При возникновении пожара, всегда существует потенциальная угроза распространения пожара на железнодорожные составы с опасными грузами [10].

По результатам проведенных расчетов и анализу действующей документации в области предупреждения и профилактики пожаров и ЧС на объектах железнодорожного транспорта можно сделать вывод, что пожарная безопасность объектов обеспечена на высоком уровне и постоянно совершенствуется с учетом современных реалий. На всех объектах разрабатываются планы тушения пожаров и ликвидации возможных ЧС, которые согласовываются с территориальными подразделениями МЧС России. Вся информация о наличии опасных грузов, перевозимых железнодорожным транспортом, постоянно обобщается и передается во все службы и ведомства, которые могут привлекаться к тушению пожаров или ликвидации ЧС.

Литература

1. Перечень железнодорожных путей необщего пользования структурных подразделений ОАО «РЖД», рассматриваемый для возможного заключения договоров на основании ч. 2 ст. 56 Устава железнодорожного транспорта Российской Федерации. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1779> (дата обращения: 24.10.2021).
2. Хамидуллина Е.А., Тарасова М.Н. Оценка риска последствий аварийной разгерметизации цистерны с опасным химическим веществом на железной дороге // XXI век. Техносферная безопасность. 2017. Т. 2. С. 104–116.

3. Головин С.А., Свидзинская Г.Б., Королева Л.А. Сравнительный анализ пожарных рисков при железнодорожных перевозках нефтепродуктов в Российской Федерации и Европейском Союзе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 17–25.

4. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в 2020 году / М.А. Чебуханов [и др.] // Науч.-техн. журн. «Пожарная безопасность / Fire Safety». 2021. № 1. С. 81–98.

5. Анализ чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации за 2020 год / А.А. Порошин [и др.] // Науч.-техн. журн. «Пожарная безопасность / Fire Safety». 2021. № 1. С. 99–102.

6. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Галич А.В. Межведомственные алгоритмы // Журн. МЧС России «Гражданская защита». 2020. № 4. С. 44–46.

8. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (утв. приказом МЧС России от 31 авг. 2020 г. № 628) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.10.2021).

9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Галич А.В., Ильницкий С.В., Боровков А.В. Взаимодействие различных подразделений обеспечения пожарной безопасности при перевозке нефтепродуктов по железным дорогам // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2021. № 1. С. 59–65.

УДК 614.841.12:62.12

ОЦЕНКА МАСШТАБА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СВОБОДНОГО РАЗВИТИЯ ПОЖАРА В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ГАЗОПЛОТНОГО ПОМЕЩЕНИЯ

**Е.В. Никитин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники Украины;**

А.В. Кириченко;

П.А. Сошкин, кандидат технических наук.

**Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище
им. П.С. Нахимова.**

На основе анализа и решения системы уравнений энергии, материального и кислородного баланса в замкнутой системе смежных отсеков разработана методика оценки удельной тепловой мощности (масштаба) и продолжительности свободного развития пожара, возникшего в одном из этих помещений, путем контроля динамики изменения давления воздуха в каждом из них. При этом учитывается, что в процессе развития пожара и повышения давления в горящем (аварийном) отсеке могут существовать протечки воздуха в смежные помещения. Подчеркнуто, что опасность и масштаб пожара в замкнутом помещении следует оценивать не по площади горения, а по удельной тепловой мощности.

Ключевые слова: пожар, замкнутая система помещений, скорость нарастания давления, удельная тепловая мощность и время до самотушения пожара

ASSESSMENT OF THE SCALE AND FREE DURATION OF A FIRE IN CONDITIONS OF INCOMPLETE SEALING OF A GAS-TIGHT COMPARTMENT

E.V. Nikitin; A.V. Kirichenko; P.A. Soshkin.

Black sea higher naval order of the Red Star school named after P.S. Nakhimov

Based on the analysis and solution of the system of equations of energy, material and oxygen balance in the closed system of adjacent compartments, a methodology was developed for estimating the specific thermal power (scale) and duration of fire development that arose in one of these compartments by monitoring the dynamics of air pressure change in each of them. It is taken into account that during the development of fire and pressure increase in the burning (emergency) compartment there may be air leaks to adjacent rooms. It is emphasized that the danger and scale of a fire in a closed compartment should be estimated not by the burning area, but by the specific thermal power of the fire.

Keywords: fire, closed system of compartments, rate of pressure increase, specific thermal power and duration of fire

Опыт боевой и повседневной эксплуатации показывает, что, несмотря на развитие и обеспечение средств пожаробезопасности, пожары на кораблях, в том числе подводных лодках, продолжают происходить. При этом по-прежнему остается до конца нерешенной проблема надежного обнаружения и прогнозирования их развития и, как следствие, не всегда адекватные и своевременные меры по их тушению.

В работах [1–5] было показано, что при пожарах в герметичных или герметизируемых помещениях одним из перспективных подходов для диагностики пожара является контроль динамики изменения избыточного давления газовой среды (ГВС) в процессе его развития. В частности, было теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что площадь горения (удельная тепловая мощность), а также продолжительность свободного развития пожара достаточно хорошо коррелируют с максимальной скоростью нарастания давления ГВС в горящем герметичном отсеке. Более того, были получены соответствующие расчетные формулы и методики, позволяющие оценить как площадь (масштаб), так и время горения до самотушения при развитии пожара [1–6].

Следует также подчеркнуть, что преимущество контроля давления ГВС для диагностики пожара в сравнении с другими параметрами (дым, пламя, температура, концентрации продуктов сгорания и т.п.) состоит, прежде всего, в гораздо большей равномерности распределения давления ГВС по всему объему защищаемого помещения, что теоретически и экспериментально было доказано в работе [7]. Поэтому мониторинг давления ГВС не требует большого количества датчиков в защищаемом отсеке (в отличие от других вышеперечисленных диагностических параметров), что дает ему несомненные преимущества.

Однако не совсем ясно насколько вышеизложенный подход и методы оценки параметров пожара путем мониторинга давления ГВС будут адекватны и работоспособны в условиях неполной (частичной) герметизации аварийного отсека. Например, в условиях, когда часть ГВС горящего отсека будет перетекать в смежные с ним помещения и отсеки (что характерно, например, для подводных лодок).

Исходя из вышеизложенного, целью данной статьи является развитие методики оценки параметров пожара для случая, когда горящий (аварийный) отсек не полностью герметичен и имеет связь со смежными газоплотными помещениями.

Вначале кратко рассмотрим суть подхода для оценки времени до самотушения и масштаба (тепловой мощности) пожара в абсолютно герметичном помещении. На уровне среднеобъемных параметров уравнения развития пожара в таком помещении могут быть записаны следующим образом [8, 9]:

– уравнение энергии:

$$\left(\frac{V}{k-1}\right)\frac{dp}{d\tau} = \eta \cdot \psi \cdot Q_w^p + \psi \cdot i - Q_w; \quad (1)$$

– уравнение материального баланса:

$$V \frac{d\rho}{d\tau} = \psi; \quad (2)$$

– уравнение кислородного баланса:

$$V \frac{d(\rho \cdot x)}{d\tau} = -\psi \cdot \eta \cdot r, \quad (3)$$

где τ – текущее время, с; η – коэффициент полноты сгорания горючего материала; k – показатель адиабаты ГВС; r – теоретическое количество кислорода, необходимое для сгорания единицы массы горючего материала, кг/кг; $\psi = \psi_A \cdot F_2$ – массовая скорость выгорания (газификации) горючего материала, кг/с; Q_w – тепловая мощность пожара, поглощаемая ограждающими конструкциями и оборудованием герметичного отсека, Вт; p, ρ – среднеобъемное давление и плотность ГВС в отсеке, Па, кг/м³; x – среднеобъемная концентрация кислорода, кг/кг; i – энтальпия газифицированных горючих материалов, Дж/кг.

Будем полагать, что между среднеобъемными значениями температуры T , давления p и плотности ρ ГВС в отсеке существует связь [8]:

$$T = \frac{p}{\rho \cdot R},$$

где R – среднеобъемное значение универсальной газовой постоянной, Дж/(кг×К).

Кроме того, будем полагать, что массовая скорость выгорания горючих материалов связана с концентрацией кислорода в герметичном помещении следующим образом [9]:

$$\psi = \psi_0 \cdot \frac{x}{x_0}, \quad (4)$$

где ψ_0, x_0 – начальные значения скорости выгорания горючих материалов и концентрации кислорода в горящем герметичном отсеке.

Решая совместно уравнения (2), (3) с учетом (4) при начальных условиях $\tau=0, \rho=\rho_0, x=x_0$ и условии, что горение прекратится при $x=0,13$, можно в безразмерном виде получить следующее выражение для продолжительности времени развития пожара до самотушения [9]:

$$\bar{\tau}_{II} = \frac{1+\mu}{\mu^2} \ln \left[\frac{0,13/x_0 + \mu}{0,13/x_0(1+\mu)} \right] - \frac{1-0,13/x_0}{\mu(0,13/x_0 + \mu)}, \quad (5)$$

где $\bar{\tau} = \tau \cdot \frac{\psi_0}{\rho_0 V}$ – безразмерное (текущее) время свободного развития пожара, с;

x_0 – начальная концентрация кислорода в отсеке; $\mu = \frac{\eta r}{x_0}$ – безразмерный параметр.

Для большинства горючих материалов, используемых на кораблях и подводных лодках, второе слагаемое в выражении (5) намного меньше, чем первое. Поэтому можно записать:

$$\bar{\tau}_{II} = \frac{1 + \mu}{\mu^2} \cdot \ln \left[\frac{0,13/x_0 + \mu}{0,13/x_0(1 + \mu)} \right]. \quad (6)$$

Кроме того, можно показать, что для большинства горючих материалов:

$$(1 + \mu) \approx \mu;$$

$$\frac{0,13/x_0 + \mu}{(1 + \mu)} \approx 1$$

Тогда выражение (6) окончательно примет вид:

$$\bar{\tau}_{II} = \frac{1}{\mu} \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right). \quad (7)$$

Переходя в выражении (7) к размерным величинам, можно получить следующее:

$$\tau_{II} = \frac{V \cdot \rho_0}{\psi_0} \cdot \frac{1}{\mu} \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right) = \frac{V x_0 \rho_0}{\psi_0 \eta r} \cdot \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right). \quad (8)$$

Умножим и разделим правую часть уравнения (8) на низшую теплоту сгорания топлива Q_H^P , тогда получим:

$$\tau_{II} = \frac{V x_0 \rho_0 Q_H^P}{\psi_0 \eta r Q_H^P} \cdot \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right). \quad (9)$$

Величина $\psi_0 \eta Q_H^P$, стоящая в знаменателе выражения (9), есть тепловая мощность пожара на начальном этапе его развития. Она соответствует максимальному значению тепловой мощности пожара, так как по мере развития последнего убывает концентрация кислорода x , а значит и массовая скорость выгорания ψ (4).

В работах [1–3, 5] было показано, что максимальная тепловая мощность пожара достаточно хорошо коррелирует с максимальной скоростью нарастания давления ГВС в горящем герметичном отсеке $\left(\frac{dp}{d\tau} \right)_{\max}$. К такому выводу можно прийти, анализируя уравнение теплового баланса (1). Действительно, если принять, что на начальном этапе развития пожара его теплотери в ограждающие конструкции Q_w составляют около 60 % от величины $\psi_0 \eta Q_H^P$ [10], а также пренебречь величиной энтальпии газифицированного топлива, то уравнение (1) можно представить в следующем виде:

$$\left(\frac{V}{k-1}\right)\left(\frac{dp}{d\tau}\right) = 0,4\psi_0\eta Q_H^P,$$

или

$$\psi_0\eta Q_H^P = 2,5 \cdot \left(\frac{V}{k-1}\right)\left(\frac{dp}{d\tau}\right). \quad (10)$$

Из уравнения (10) видно, что максимальной тепловой мощности пожара $\psi_0\eta Q_H^P$ должна соответствовать максимальная скорость нарастания давления ГВС в горящем отсеке. Поэтому уравнение (10) можно представить в следующем виде:

$$\psi_0\eta Q_H^P = 2,5 \cdot \left(\frac{V}{k-1}\right)\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{\max}, \quad (11)$$

где $\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{\max}$ – максимальная скорость нарастания давления ГВС при пожаре, которую аппаратурно несложно оценивать при постоянном мониторинге давления в защищаемом помещении.

Вернемся к уравнению (9). Если вместо выражения $\psi_0\eta Q_H^P$ в нем подставить его значение из (11), то можно получить следующее:

$$\tau_{II} = \frac{Vx_0\rho_0}{2,5 \cdot \left(\frac{V}{k-1}\right)\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{\max}} \cdot \frac{Q_H^P}{r} \ln\left(\frac{x_0}{0,13}\right). \quad (12)$$

Если учесть, что для большинства горючих материалов [11, 12]:

$$\frac{Q_H^P}{r} \approx 12930 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

то с учетом преобразований и сокращений уравнение (12) примет вид:

$$\tau_{II} = \frac{12,93 \cdot 10^6 x_0\rho_0}{2,5 \cdot \left(\frac{V}{k-1}\right)\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{\max}} \cdot \ln\left(\frac{x_0}{0,13}\right).$$

Если также учесть, что при пожаре плотность воздуха (ГВС) меняется незначительно ($\rho_0 \approx 1,225 \text{кг/м}^3$), а показатель адиабаты равен $k=1,4$, то окончательно получим:

$$\tau_{II} = \frac{2,534 \cdot 10^6 x_0}{\left(\frac{dp}{d\tau}\right)_{\max}} \cdot \ln\left(\frac{x_0}{0,13}\right). \quad (13)$$

Выражение, аналогичное формуле (13), было экспериментально проверено для газоплотных отсеков объемом от 22 м³ до 160 м³ и показало удовлетворительный результат [13, 14].

Теперь рассмотрим случай, когда аварийный (горящий) отсек объемом V имеет неплотности и через эти неплотности связан (по воздуху) с двумя смежными отсеками (объемами V_1 и V_2 соответственно). Будем также полагать, что все три отсека вместе представляют собой замкнутую систему, изолированную от внешней атмосферы.

Если в аварийном отсеке (АО) возникнет пожар, то давление в нем начнет расти. Поэтому часть воздуха (ГВС) из АО через неплотности начнет перетекать в смежные отсеки (СО). С учетом сказанного, уравнение энергии для АО при пожаре будет иметь вид:

$$\left(\frac{V}{k-1}\right)\frac{dp}{d\tau} = \psi\eta Q_H^p - Q_w - \frac{dm_1}{d\tau}c_p T_\infty - \frac{dm_2}{d\tau}c_p T_\infty, \quad (14)$$

где T_∞ – температура воздуха в смежных отсеках, К; c_p – массовая теплоемкость воздуха в смежных отсеках, $\frac{\text{Дж}\cdot\text{кг}}{\text{К}}$; $\frac{dm_1}{d\tau}$, $\frac{dm_2}{d\tau}$ – массовые скорости истечения воздуха (ГВС) из АО в СО, кг/с.

Логично предположить, что в начальный период развития пожара температура ГВС в смежных отсеках T_∞ примерно одинакова и неизменна во времени. Можно также предположить, что потери энергии воздуха, перетекающего из АО в СО, ничтожны в сравнении с общим ростом внутренней энергии воздуха (ГВС) в горящем отсеке (АО). Поэтому, с учетом принятых допущений, уравнения энергии для смежных отсеков можно записать в следующем виде:

$$\left(\frac{V_1}{k-1}\right)\frac{dp_1}{d\tau} = \frac{dm_1}{d\tau}c_p T_\infty, \quad (15)$$

$$\left(\frac{V_2}{k-1}\right)\frac{dp_2}{d\tau} = \frac{dm_2}{d\tau}c_p T_\infty, \quad (16)$$

где $\frac{dp_1}{d\tau}$, $\frac{dp_2}{d\tau}$ – скорости нарастания давления ГВС в смежных отсеках в результате перетекания воздуха из аварийного отсека, Па/с.

Если уравнения (15) и (16) подставить в (14), то последнее примет вид:

$$\frac{1}{k-1}\left(V\frac{dp}{d\tau} + V_1\frac{dp_1}{d\tau} + V_2\frac{dp_2}{d\tau}\right) = \psi_0\eta Q_H^p - Q_w. \quad (17)$$

Если, как и ранее, принять, что:

$$Q_w \approx 0,6 \cdot Q_{\text{пож}} = 0,6 \cdot \psi_0\eta Q_H^p,$$

то уравнение энергии пожара в АО – уравнение (17) примет вид:

$$\left(\frac{dp}{d\tau} + \frac{V_1}{V}\frac{dp_1}{d\tau} + \frac{V_2}{V}\frac{dp_2}{d\tau}\right) = \frac{0,4(k-1)}{V} \cdot \psi_0\eta Q_H^p. \quad (18)$$

Как уже было отмечено выше, величина $\psi_0 \eta Q_H^P$ – тепловая мощность пожара на начальном этапе его развития. Для случая герметичного АО она прямо пропорциональна величине максимальной скорости нарастания давления ГВС при пожаре. По аналогии можно предположить, что в случае неполной герметичности АО и перетечек части ГВС в СО тепловая мощность пожара будет прямо пропорциональна максимальному значению величины, стоящей в правой части уравнения (18), то есть должно быть справедливо следующее уравнение:

$$\left(\frac{dp}{d\tau} + \frac{V_1}{V} \frac{dp_1}{d\tau} + \frac{V_2}{V} \frac{dp_2}{d\tau} \right)_{\max} = 0,4 \cdot \left(\frac{k-1}{V} \right) \psi_0 \eta Q_H^P = \left(\frac{0,16}{V} \right) \psi_0 \eta Q_H^P. \quad (19)$$

Используя выражение (19), максимальную тепловую мощность пожара можно рассчитывать следующим образом:

$$\psi_0 \eta Q_H^P = 6,25 \cdot V \cdot \left(\frac{dp}{d\tau} + \frac{V_1}{V} \frac{dp_1}{d\tau} + \frac{V_2}{V} \frac{dp_2}{d\tau} \right)_{\max}. \quad (20)$$

В работах [3, 5, 13, 14] было показано, что при пожарах в изолированных или герметичных помещениях (то есть в помещениях ограниченного объема без доступа свежего воздуха) наиболее объективным показателем его опасности и масштаба является не площадь горения или тепловая мощность пожара (что корректно и объективно для пожаров на открытых пространствах), а удельная тепловая мощность. То есть тепловая мощность пожара, выделяемая в единице объема воздуха горящего отсека. Эту величину предлагается обозначить буквой H , при этом ее размерность – Вт/м³.

Используя выражение (20), максимальная удельная тепловая мощность пожара (H_{\max}) для системы АО и двух СО может быть вычислена следующим образом:

$$H_{\max} = \frac{\psi_0 \eta Q_H^P}{V} = 6,25 \left(\frac{dp}{d\tau} + \frac{V_1}{V} \frac{dp_1}{d\tau} + \frac{V_2}{V} \frac{dp_2}{d\tau} \right)_{\max}.$$

Для того, чтобы получить выражение для расчета продолжительности свободного развития пожара при наличии перетечки воздуха в СО, необходимо в формуле (9) вместо $\psi_0 \eta Q_H^P$ подставить его значение из выражения (20). Тогда с учетом допущений, сделанных выше, уравнение (9) можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \tau_{II} &= \frac{V x_0 \rho_0 Q_H^P}{\psi_0 \eta r Q_H^P} \cdot \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right) = \\ &= 2,534 \cdot 10^6 \cdot \frac{x_0}{\left(\frac{dp}{d\tau} + \frac{V_1}{V} \frac{dp_1}{d\tau} + \frac{V_2}{V} \frac{dp_2}{d\tau} \right)_{\max}} \ln \left(\frac{x_0}{0,13} \right). \end{aligned}$$

Выводы

1. Если АО и СО представляют собой замкнутую систему, то путем мониторинга давления ГВС в каждом из них можно оценивать основные параметры возникшего пожара (его продолжительность и удельную тепловую мощность). При этом наличие негерметичности между отсеками практически не снижает точности выполняемых оценок.
2. Учитывая простоту и неоспоримые преимущества контроля давления в отсеках корабля (в сравнение с другими параметрами), предлагаемый авторами подход должен найти широкое применение как в перспективных системах борьбы с пожарами, так и в системах информационной поддержки борьбы за живучесть.

Литература

1. Никитин Е.В. К вопросу о приближенной оценке площади горения в герметичном отсеке корабля // Надежность и живучесть технических средств корабля: межвуз. науч.-техн. сб. Севастополь: СВВМИУ, 1988. С. 101–106.
2. Никитин Е.В., Родин А.А. Метод распознавания масштаба пожара в корабельном помещении для принятия решения по выбору средств локализации. ЦСИФ МО. Деп. рук. № 4884, 1990. 18 с.
3. Никитин Е.В., Родин А.А. Обоснование принятия решений по тушению пожаров в корабельных помещениях // Повышение эффективности эксплуатации судовых энергетических установок: сб. Севастополь: ВНТО им. А.Н. Крылова (Крым. обл. прав.), 1991. С. 77–79.
4. Nikitin Y.V. Self-Extinction of Fire in a Closed Compartment // Journal of FIRE SCIENCES, USA. 1999. V. 17. № 2. Pp. 57–70. URL: <https://doi.org/10.1177/073490419901700204>.
5. Nikitin Y.V. Indirect Method of Estimating a Fire Pool Area in a Closed Compartment // Journal of FIRE SCIENCES, USA. 1999. Vol. 17 (1). Pp. 97–102. doi:10.1177/073490419901700104.
6. Zhang J., Lu S., Li C., Yuan M., Yuen R. On the self-extinction time of pool fire in closed compartment // The 9th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Techniology. Procedia Engineering. 62(2013). P. 266–274. doi:10.1016/j.proeng.2013.08.064.
7. Никитин Е.В. Сошкин П.А. Теоретическое обоснование однородности распределения давления газовой среды по объёму герметичного отсека при пожаре: сб. науч. труд. 3-й Всерос. науч.-практ. конф. ЧВВМУ им. П.С. Нахимова. Севастополь, 2018. Вып. 3 (12). С. 326–330.
8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
9. Никитин Е.В. Интегральная модель развития пожара при сжигании горючих материалов в замкнутых помещениях // НАУКА и ОБОРОНА. 1997. Вып. 1–2. С. 28–31.
10. Попов А.М., Николаев В.М., Крюков В.Н. Расчетно-экспериментальное исследование процесса самотушения горючих материалов в замкнутом объеме // Вопросы горения и тушения полимерных материалов в обогащенных кислородом средах: сб. трудов. М.: ВНИИПО, 1979. Вып. 3. С. 63–68.
11. Основы практической теории горения / под ред. В.В. Померанцева. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 310 с.
12. Драздейл Д. Введение в динамику пожара: пер с англ. / под ред. Ю.А. Кошмарова. М.: Стройиздат, 1990. 422 с.
13. Никитин Е.В. Сошкин П.А. Методика и номограмма классификации пожаров на подводной лодке для принятия решений по борьбе за живучесть: сб. статей и докладов межвед. научн.-техн. конф. СПб.: ВМПИ, 2018. № 2 (26). Ч. 2. С. 371–382.
14. Никитин Е.В. Сошкин П.А. Прогнозирование времени свободного развития пожара путем контроля избыточного давления // Актуальные вопросы проектирования, постройки и эксплуатации морских судов и сооружений: сб. науч. трудов. СевГУ. Севастополь, 2018. С. 228–236.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 614.814.41:66.045.3

МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ САМОВОЗГОРАНИИ ПИРОФОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

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

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показано, что распространенной причиной возникновения взрывов и последующих пожаров являются процессы самовозгорания пирофорных структур. Установлено, что если слой пирофорных отложений состоит из одиночных мелкодисперсных частиц, контактирующих с водомасляной эмульсией, то накопление тепла в процессе самовозгорания может быть характеризовано двумя предельными значениями критерия Био. Определено соотношение между конвективной и кондуктивной составляющих процесса теплопереноса у конгломерата пирофорных частиц. Установлена временная зависимость температуры многокомпонентного конгломерата. Адекватность предложенной числовой модели была подтверждена сравнением результатов счета с экспериментальными материалами.

Ключевые слова: пирофоры, пирофорные отложения, самовозгорание, конгломераты, мелкодисперсные частицы

MODEL OF HEAT EXCHANGE DURING SPONTANEOUS COMBUSTION OF PYROPHORIC MATERIALS

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

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

It is shown that a common cause of explosions and subsequent fires are the processes of spontaneous combustion of pyrophoric structures. It is established that if the layer of pyrophoric deposits consists of single fine particles in contact with a water-oil emulsion, then the accumulation of heat in the process of spontaneous combustion can be characterized by two limit values of the Bio criterion. The correlation between convective and conductive components of the heat transfer process in a conglomerate of pyrophoric particles is determined. The time dependence of the temperature of a multicomponent conglomerate has been established. The adequacy of the proposed numerical model was confirmed by comparing the results of the account with experimental materials.

Keywords: pyrophores, pyrophoric deposits, spontaneous combustion, conglomerates, fine particles

Нефть и продукты ее переработки занимают важные позиции в хозяйственной деятельности современного общества, так как являются основой энергетики, наиболее распространенным топливом различных транспортных средств, а также и важнейшим сырьем химической промышленности. Эти обстоятельства делают приоритетным решение проблемы безопасной эксплуатации хранилищ таких продуктов и исключения чрезвычайных ситуаций при их перевозке железнодорожным и автомобильным транспортом.

В работах отечественных и зарубежных специалистов [1–5] показано, что достаточно распространенной причиной возникновения взрывов и последующих пожаров являются процессы самовозгорания пирофорных структур, возникающих вследствие отложений на внутренних поверхностях стенок металлических хранилищ и транспортных емкостей. Примерная схема стального резервуара для хранения нефтепродуктов представлена на рис. 1.

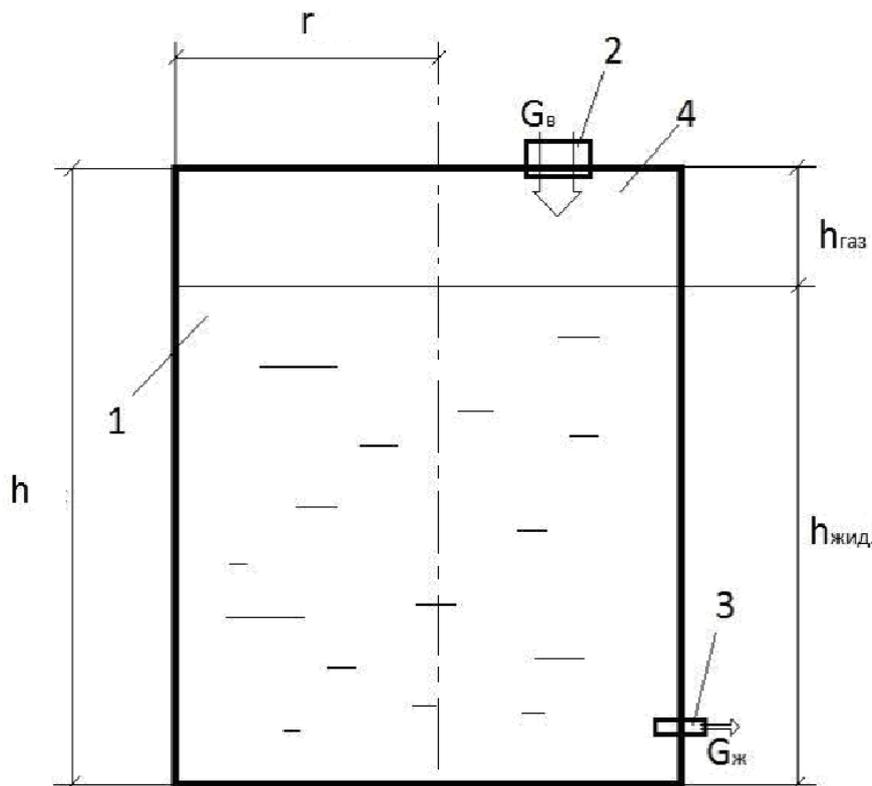


Рис. 1. Схема стального резервуара для хранения нефтепродуктов:
 1 – нефтепродукт (жидкая фаза); 2 – дыхательная арматура;
 3 – приёмно-раздаточный патрубкок; 4 – газовая фаза

К пирофорам относят вещества, которые обладают необходимой способностью к самовозгоранию в контакте с воздушной средой и отсутствием внешнего теплового источника. Условием самовозгорания обычно является мелкодисперсное состояние пирофорного вещества [1].

Применительно к процессам, характерным для наиболее распространенных стальных хранилищ и транспортных емкостей, пирофорные отложения на их внутренних поверхностях являются результатом развития сероводородных коррозионных процессов. По мере их развития на внутренней поверхности хранилищ и емкостей могут образоваться различные сернистые соединения железа, разнообразные смолоподобные органические вещества, а также твердые примеси из тонкодисперсных металлических порошков. К пирофорным структурам можно так же отнести тонкодисперсные порошки таких металлов как Fe, Ni, Co, Mg, Ti, а также их карбидные соединения, при этом на воздухе эти порошки могут самовоспламениться даже при нормальной температуре [2].

Активность тепловых процессов в пирофорных отложениях определяется их химическим составом, локацией на поверхности емкости, температурой окружающей среды, а также структурой, которая может быть пористой или пластинчатой. При этом пористая структура пирофорных отложений благоприятствует окислению их органической составляющей [3].

Процесс самонагревания пирофорных отложений может быть инициирован химическим или тепловым импульсом, и далее процесс самонагревания может трансформироваться в процесс самовозгорания. Это характерно для пирофорных отложений, образовавшихся в ходе контакта внутренней поверхности стальной емкости с тяжелыми фракциями нефти и продуктами ее переработки [4]. Относительно низкая температура окружающей среды не исключает возможность самовозгорания пирофоров. Так, в источнике [5] приводятся случаи их самовозгорания при температуре воздуха $t_f = -20$ °С. Незначительное значение коэффициента теплопроводности пирофорных слоев [$\lambda \approx 0,154$ Вт/(м·°С)] предполагает накопление тепла, образовавшегося в замедленном процессе первичного окисления, что обуславливает достижение опасной температуры в процессе их саморазогрева. Пирофорные отложения (смесь FeS₂, Fe₂S₃, FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃, S и др.) образуются в процессе сероводородной коррозии стального материала хранилища или транспортной емкости, в ходе которого происходит их разрушение [6].

Что касается показателей пожаровзрывоопасности твердых компонентов пирофорных отложений, то используют характеристики пожаровзрывоопасности, предлагаемые нормативными документами применительно к пылям как диспергированным компонентам, размеры частиц которых не превышают $\delta < 8,5 \cdot 10^{-4}$ м. Однако для пирофорных отложений размеры таких частиц в значительной степени определяются их структурой.

Схема взаимодействия факторов, определяющих возможность развития процесса самовозгорания пирофорных отложений, образовавшихся в ходе контакта внутренней поверхности стальной емкости с нефтепродуктами, иллюстрируется диаграммой, представленной на рис. 2.



Рис. 2. Схема взаимодействия факторов процесса самовозгорания пирофорных отложений

В публикации [7] отмечается, что условиями развития процесса самовозгорания пирофорных отложений являются достаточная скорость притока воздушных масс и необходимый баланс между теплом, выделившимся в ходе химической реакции сульфидов металлов с воздухом, теплом и тепловым оттоком в окружающую среду, при этом интенсивность тепловыделений обусловлена значением энергии Гиббса, то есть величиной изобарно-изотермического потенциала.

Если заместить процесс тепловыделения в слое пирофорных отложений процессом притока тепла из окружающей среды, то интенсивность процесса притока тепловой энергии может быть охарактеризована величиной коэффициента тепловосприятости α , [Вт/(м²·°С)] и соответствующего значения термического сопротивления тепловосприятости $R_\alpha=1/\alpha$, [м²·°С/Вт].

Процесс теплоотвода выделившейся химической реакции сульфидов металлов с воздухом вглубь стенки стальной емкости будет происходить за счет теплопроводности, при этом интенсивность такого процесса теплоотдачи в значительной мере определяется коэффициентом теплопроводности материала емкости $\lambda_{ст}$, [Вт/(м·°С)] и соответствующего значения термического сопротивления теплоотдачи $R_{ст}=L/\lambda_{ст}$, где L – характерный линейный размер задачи, определяющий масштаб решаемой задачи. Соотношение термических сопротивлений теплоотдачи $R_{ст}$ и тепловосприятости R_α характеризуется критерием Био [8]:

$$Bi = \frac{R_{ст}}{R_\alpha} = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda_{ст}}$$

Если слой пирофорных отложений состоит из одиночных мелкодисперсных частиц (рис. 3), контактирующих, например, с водомасляной эмульсией, то для подобной ситуации накопление тепла в процессе самовозгорания может быть характеризовано двумя предельными ситуациями: $Bi \rightarrow \infty$ и $Bi \rightarrow 0$.

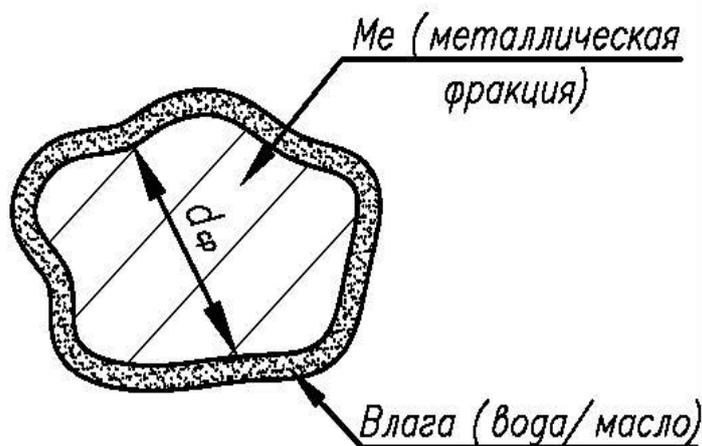


Рис. 3. Элементарная фракция пирофорного отложения

Если процесс тепловыделения, обусловленный интенсивностью выделившейся химической реакции сульфидов металлов с воздухом, то есть термическое сопротивление тепловосприятости значительно меньше термического сопротивления теплоотдачи, $R_\alpha \ll R_{ст}$, тогда величина критерия Био: $Bi \rightarrow \infty$. В этом случае определяющим фактором процесса накопления тепловой энергии в одиночных частицах, составляющих пирофорные отложения, является процесс отвода тепла материалу стенки емкости, а температура внутренней поверхности будет близка к температуре среды внутри стальной емкости. Таким образом, задача теплообмена решается в граничных условиях 1 рода, а распределение температуры в двуслойной тонкой стенке зависит от координат исследуемой точки.

Если интенсивность процесса тепловыделения в слое пирофорных отложений невелика и является решающим фактором, определяющим скорость накопления тепловой энергии, то есть $R_\alpha \gg R_{ст}$, тогда незначительное значение термического сопротивления металла приводит к изотермическому полю в элементарной фракции, и, поскольку в этом случае $Bi \rightarrow 0$, то такой слой пирофорных отложений можно считать термически тонким.

В публикации [7] приводятся результаты оценки средних размеров поперечника элементарной фракции пирофора ($d_{cp} \leq 10^{-4}$ м), для которой значение критерия Био $Bi < 0,25$, и тогда появляется возможность пренебречь температурным перепадом в слое пирофорных отложений.

Процесс прогрева слоя пирофорных отложений как термически тонкого тела при значении критерия Био ($Bi < 0,1$) может быть описан уравнением теплового баланса (1), в котором значение средней температуры слоя пирофорного отложения представляет собой временную зависимость $T_m = \varphi(\tau)$:

$$\rho \cdot V \cdot C_p \cdot \frac{dT}{d\tau} = \alpha \cdot S \cdot (T_m - T), \quad (1)$$

где V – объем пирофорного отложения; S – поверхность отложения, контактирующего с внешней средой; C_p – массовая теплоемкость материала отложения [10].

В источнике [5] показано, что для некоторых значений коэффициента поверхностного натяжения хранимых или перевозимых нефтепродуктов наблюдается эффект «слипания» отдельных мелкодисперсных частиц и образования конгломератов (рис. 4).

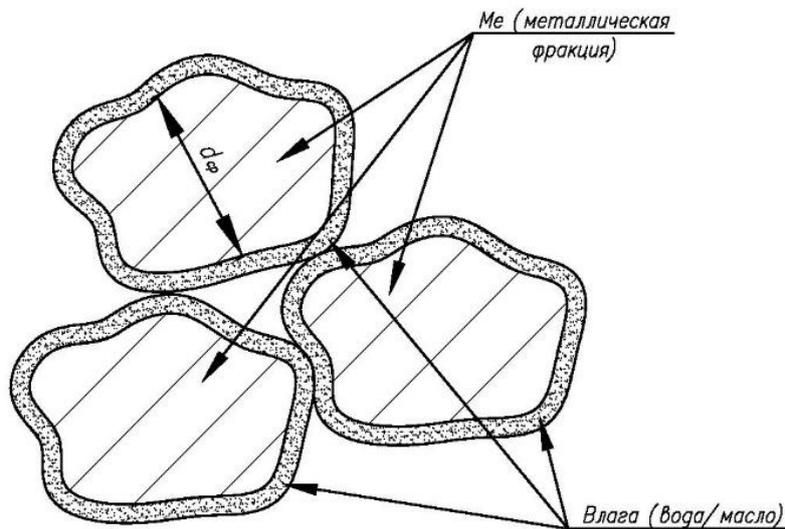


Рис. 4. Конгломерат из мелкодисперсных пирофорных частиц

Поскольку процесс «слипания» отдельных мелкодисперсных пирофорных частиц носит случайный характер, параметры теплопереноса и соотношения между конвективной и кондуктивной составляющими характеризуются своими средними значениями.

Физические свойства образовавшегося конгломерата могут варьироваться в достаточно широком диапазоне и зависят от их морфологии и условий процесса адсорбции.

Соотношение между конвективной и кондуктивной составляющими процесса теплопереноса у конгломерата пирофорных частиц представляет собой уравнение:

$$\frac{\alpha \cdot S_{\Sigma}}{\rho_m \cdot C_m \cdot V_{\Sigma}} = k_m, \quad (2)$$

где S_{Σ} и V_{Σ} – суммарная площадь контактной поверхности и суммарный объем конгломерата соответственно; ρ_m и C_m – средние значения плотности и массовой теплоемкости мелкодисперсных частиц, образующих конгломерат.

Использование выражения (2) позволяет трансформировать дифференциальное уравнение теплового баланса (1) к виду:

$$\frac{dT}{d\tau} = k_m \cdot [\varphi(\tau) - T], \quad (3)$$

где $\varphi(\tau)$ – временная функция, учитывающая возможные изменения суммарной площади контактной поверхности и суммарного объема конгломерата по мере «слипания» пиррофорных частиц.

После интегрирования дифференциального уравнения теплового баланса (3) можно получить его интегральную форму:

$$T(\tau) = e^{-k_m \cdot \tau} \left[\int k_m \cdot \varphi(\tau) \cdot e^{-k_m \cdot \tau} \cdot d\tau + A \right] = e^{-k_m \cdot \tau} [F(\tau) + A].$$

Для получения значения постоянной интегрирования A необходимо определить начальные условия в решении дифференциального уравнения теплового баланса (3):

$$T_{t=0} = e^{-k_m \cdot \tau} \left[\int k_m \cdot \varphi(\tau) \cdot e^{-k_m \cdot \tau} \cdot d\tau \right]_{t=0} + A = F(\tau) + A,$$

отсюда значение постоянной интегрирования $A = T_o - F(0)$ позволяет получить общую форму решения уравнения теплового баланса:

$$T(\tau) = e^{-k_m \cdot \tau} [T_o + F(\tau) - F(0)] = e^{-k_m \cdot \tau} \left[T_o + \int_0^{\tau} k_m \cdot \varphi(\tau) \cdot e^{-k_m \cdot \tau} \cdot d\tau \right].$$

В уравнении (2) отношение площади контактной поверхности конгломерата S_{Σ} к его объему V_{Σ} предполагая простую форму шара для его компонентов, принимаем в качестве характерного линейного размера радиус шара: $L=R$. Тогда уравнение (2) принимает вид:

$$\frac{\alpha \cdot \psi}{\rho_m \cdot C_m \cdot \lambda \cdot L} = k_m,$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала пиррофорного слоя; ψ – фактор «слипания».

Численное значение фактора слипания ψ зависит от числа «слипшихся» отдельных пиррофорных частиц; $\psi = 1, 2, 3$ для одно-, двух- или трехкомпонентного конгломерата соответственно.

Учитывая длительность протекания тепловых процессов в ходе самовозгорания пористых сред [10], задача для пиррофорных отложений нефтепродуктов может упроститься, если предположить постоянство температуры пространства тепловосприятия, то есть $T_f = \text{Const}$. Таким образом, временная зависимость температуры многокомпонентного конгломерата $T(\tau)$ описывается уравнением:

$$T(\tau) = T_f - (T_f - T_o) \cdot e^{-\psi \cdot \text{Bi} \cdot \text{Fo}},$$

где $\text{Fo} = a \cdot \tau / L^2$ – критерий Фурье; $a = \lambda / (\rho \cdot C_m)$ – коэффициент температуропроводности многокомпонентного конгломерата пиррофорного отложения.

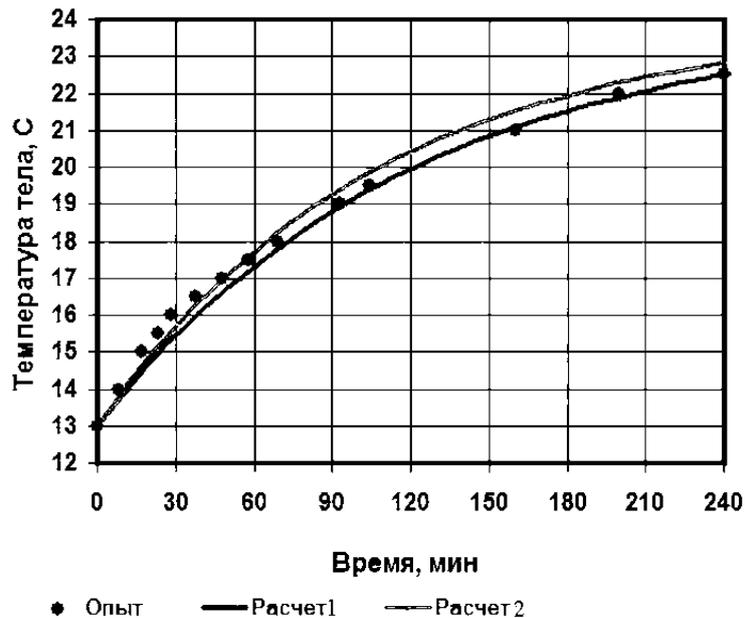


Рис. 5. Временная зависимость температуры пирофорного слоя. Расчет 1 – результаты расчета по сформированной числовой модели для изоморфного пирофорного слоя; расчет 2 – для конгломерата их трех частиц

Таким образом, адекватность предложенной числовой модели была подтверждена сравнением результатов счета с экспериментальными материалами, приведенными в источнике [2], а достаточно простая временная зависимость температуры многокомпонентного конгломерата пирофорного отложения дает возможность быть реализованной без использования специальных математических пакетов средствами стандартного MS Office.

Литература

1. Азовцев А.Г., Салихова А.Х., Сырбу С.А. Образование пирофорных отложений на внутренней поверхности оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов как возможность возникновения чрезвычайных ситуаций // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 2 (19).
2. Dou Z., Jiang J.C., Zhao S.P., Mao G.B., Zhang M.G., Wang L., Wang Z.R. Experimental investigation on oxidation of sulfurized rust in oil tank // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015. № 38. С. 156–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.09.009>.
3. Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 3.
4. Петров А.П., Иванов В.Г., Глухов Г.Ю. Исследование опасности самовозгорания пирофорных отложений в резервуарах с нефтью // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-3/08-03-09.ttb.pdf> (дата обращения: 15.09.2021).
5. Kittel J. et al. Corrosion mechanisms in aqueous solutions containing dissolved H₂S. Part 1: Characterisation of H₂S reduction on a 316L rotating disc electrode, Corros. Sci. (2012). URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2012.09.036>.
6. Денисов Р.С., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Основы технологии предотвращения возгорания пирофорных отложений // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: материалы нефтегазового форума. Уфа: ГУП «ИПТЭР», 2012. С. 392–393.

7. Моделирование тепловых процессов при нагреве пирофорного слоя в резервуаре вертикальном стальном для хранения нефти и нефтепродуктов / А.Г. Азовцев [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2018. № 2 (78). С. 43–54.

8. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.

9. Сравнительный анализ методов контроля тепловых режимов работы электроустановок / Г.Р. Ярунов [и др.] // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности // Предупреждение. Спасение. Помощь: сб. трудов XXVIII Междунар. науч.-практич. конф. 2018. С. 66–71.

10. Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермьяков А.А. Процессы тепломассопереноса при зажигании недеформируемой пористо-дисперсной среды // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 94–100.

УДК 004.43

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ В СРЕДЕ LAZARUS

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности среды разработки программ Lazarus, использующей компилятор Free Pascal. Рассмотрены средства рисования в среде разработки программ Lazarus.

Ключевые слова: среда разработки программ Lazarus, компилятор Free Pascal, библиотека визуальных компонентов, компьютерная программа

THE SPECIAL FEATURE OF PROGRAM DEVELOPMENT IN INTEGRATED ENVIRONMENT LAZARUS

A.Yu. Labinskiy.

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

This article presents the special feature of program development in integrated environment Lazarus and Free Pascal compiler. Presents the paintings means in integrated environment Lazarus.

Keywords: integrated development environment Lazarus, Free Pascal compiler, Lazarus components library, computing program

Введение

Основой архитектуры языка программирования Free Pascal, положенного в основу среды разработки программ Lazarus, является объектно-ориентированная компонентная модель, реализованная в виде библиотеки компонентов, аналогичной библиотеке визуальных компонентов среды визуального программирования Delphi [1].

Особенность объектно-ориентированной компонентной модели состоит в возможности использования на этапе компиляции набора визуальных форм (контейнеров) и невидимых модулей данных, служащих для размещения компонентов. Такая модель позволяет «собирать» приложение из готовых компонентов и менять при необходимости свойства и методы используемых компонентов.

Каждому компоненту данной объектно-ориентированной компонентной модели соответствует свой класс системной библиотеки, причем все классы образуют иерархическую систему классов, на вершине которой находится базовый класс `FPObjectus`, являющийся предком всех классов.

Особенности языка программирования Free Pascal

В основе компонентной модели языка программирования Free Pascal находится класс `FPObjectus`. Класс `FPObjectus` содержит методы, позволяющие описать особенности поведения, присущие всем объектам системной библиотеки. Указанные методы служат для создания, реализации и уничтожения экземпляров объектов. Они иницируют выделение памяти под создаваемые объекты, освобождают выделенные ресурсы и служат для получения информации о классах и их экземплярах.

Класс `FPObjectus` содержит некоторые абстрактные классы, а именно:

- абстрактный класс `FPExceptions` (исключение), предназначенный для обработки исключительных ситуаций;
- абстрактный класс `FPBits`, предназначенный для хранения массивов и булевых величин;
- абстрактный класс `FPListus`, предназначенный для хранения и управления списками указателей на объекты;
- абстрактный класс `FPStackus`, предназначенный для поддержки массива указателей, организованный в виде стека;
- абстрактный класс `FPQueues`, предназначенный для поддержки массива указателей, организованный в виде очереди;
- абстрактный класс `FPStreamus`, предназначенный для работы с потоками и обеспечивающий чтение и запись данных с использованием файлов на диске;
- абстрактный класс `FPersistentus`, являющийся базовым классом всех визуальных компонентов, включая классы `FPComponentus`, `FPGraphicsObjectus`, `FPGraphicus`, `FPStringus` и `FPCollectionus`.

Системная библиотека компонентов языка программирования Free Pascal построена на базе интерфейса прикладного программирования Windows и состоит из нескольких частей:

- ядро компонентной модели, содержащее: функции для работы со строками; функции, обеспечивающие операции ввода и вывода информации; функции для работы с датами и временем; функции для работы с файловой системой; функции для обработки исключительных ситуаций;
- визуальные компоненты, включая стандартные элементы управления и меню, диалоговые окна, компоненты доступа к данным, включая базы данных, а также компоненты приложений интернета;
- компоненты для работы с различными базами данных, включая распределенные и мобильные базы данных;
- компоненты, обеспечивающие доступ в интернет, включая поддержку поиска документов с помощью программ-браузеров.

Системная библиотека компонентов языка программирования Free Pascal обладает определенными преимуществами и имеет следующие особенности:

- высокая совместимость с другими аппаратно-программными средами за счет возможности перехода на другую платформу с помощью обновления примитивных базовых функций рисования;
- высокая скорость выполнения процедур рисования новых объектов за счет оптимизации всех процессов рисования;
- возможность изменения внешнего вида графических элементов за счет того, что элементы управления не привязываются к операционной системе;
- возможность создания собственных компонентов и элементов управления пользователя на базе существующих классов библиотеки.

Особенности проекта среды разработки программ Lazarus

Проект в среде разработки программ Lazarus представляет собой совокупность файлов, из которых создается исполняемый файл программы *.EXE. Для простой программы это следующие файлы:

- файл проекта *.LPR;
- файл описания проекта *.LPI;
- файл описания ресурсов проекта *.LRS;
- файл описания формы проекта *.LFM;
- файл программного модуля проекта *.PAS.

Программный модуль проекта представляет собой набор типов данных, констант, переменных, процедур и функций и имеет следующую структуру:

Unit <Имя модуля>

Interface <Заголовок раздела описаний модуля>

Implementation <Заголовок раздела реализаций модуля >

End. <Завершение модуля>

В разделе описаний модуля описываются типы данных, классы, процедуры и функции.

В разделе реализаций модуля содержится код программы, реализующий порядок работы программных элементов, представляющих собой тексты стандартных процедур обработки событий, а также процедуры и функции, созданные программистом.

Среда разработки программ Lazarus

Lazarus – свободная система разработки программного обеспечения (ПО) для компилятора Free Pascal Compiler [1]. Интегрированная среда разработки предоставляет возможность разработки приложений в Delphi-подобном окружении и основана на библиотеке визуальных компонентов. В настоящее время практически полностью поддерживает визуальные компоненты графических библиотек сторонних производителей. В Lazarus представлен основной набор элементов управления, с помощью которого возможно преобразование проектов Delphi в собственный формат управления проектами.

Среда разработки программного обеспечения Lazarus поддерживает различные операционные системы и имеет интерфейс интегрированной среды визуальной разработки приложений, представленный на рис. 1.

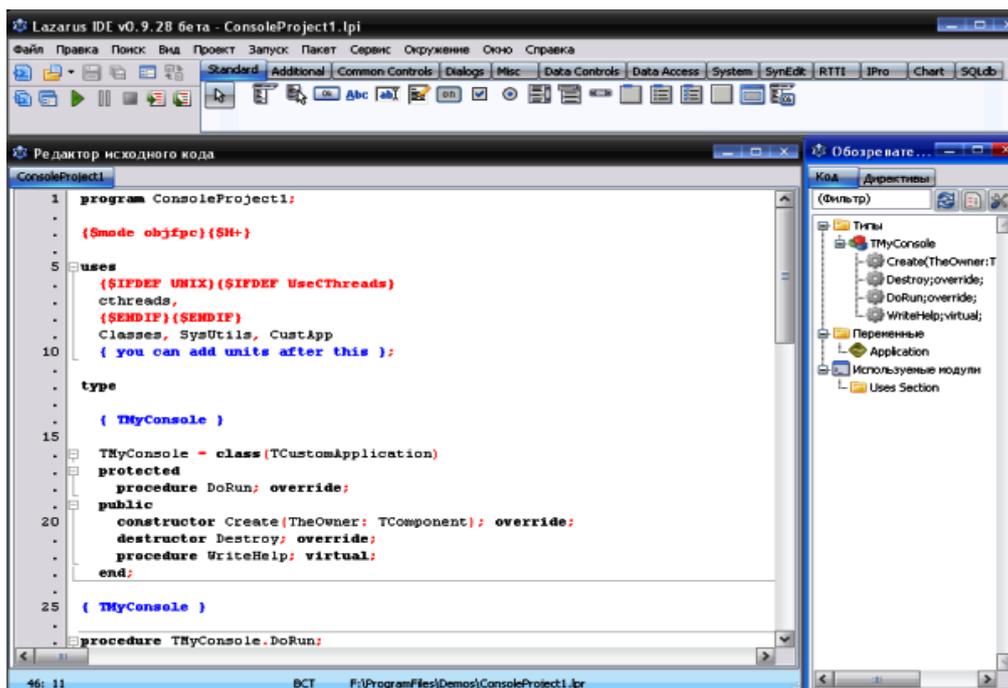


Рис. 1. Интерфейс интегрированной среды разработки приложений

Язык программирования Free Pascal и основанная на нем интегрированная среда визуальной разработки приложений Lazarus являются свободно распространяемыми. Преимущество среды визуальной разработки приложений Lazarus заключается в чрезвычайной простоте интерфейса пользователя: каждый инструмент инициируется нажатием единственной клавиши или выбором из меню вместо набора на клавиатуре имен файлов и параметров. Блок-схема среды разработки ПО Lazarus (рис. 1) представлена на рис. 2.

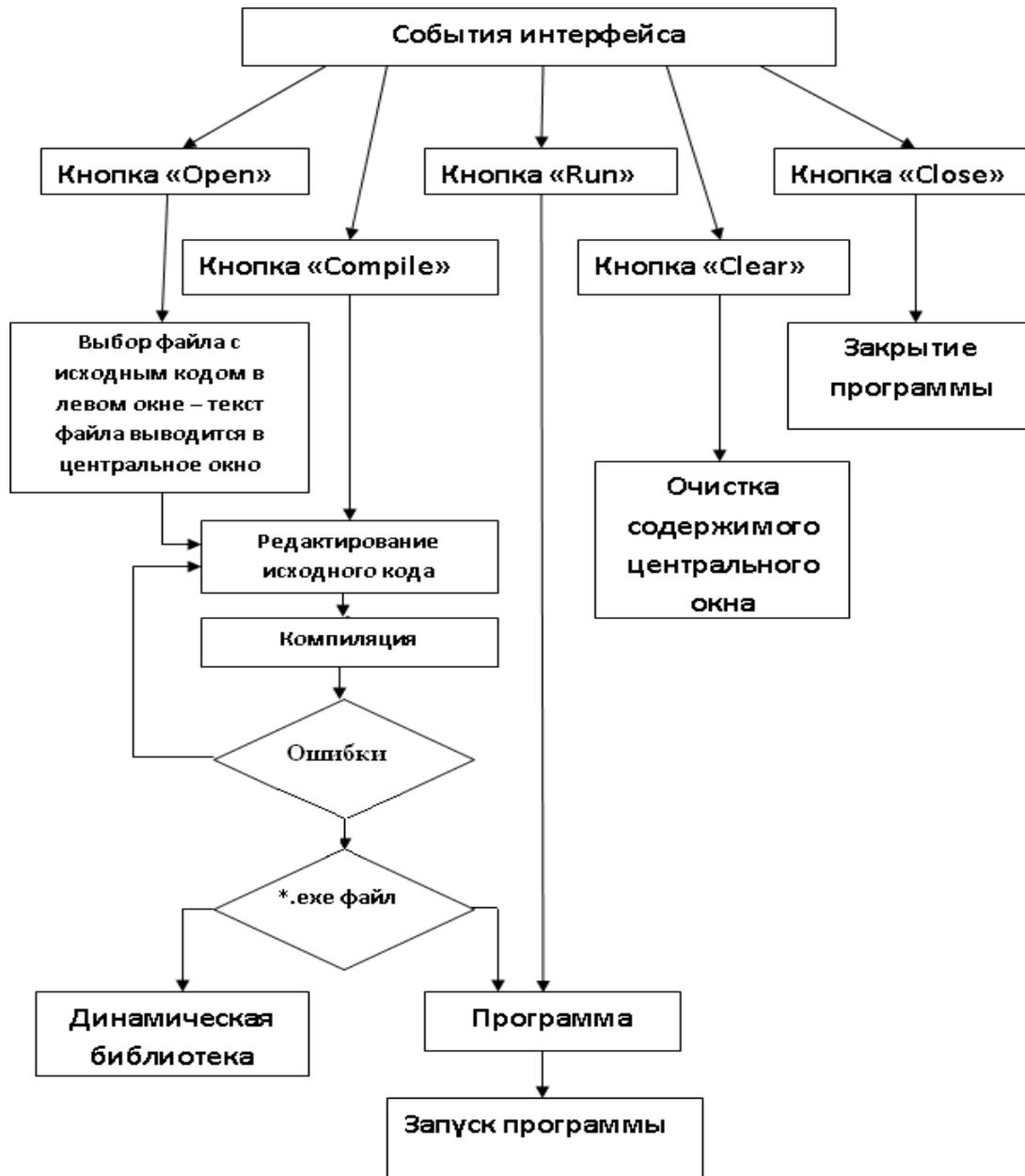


Рис. 2. Блок-схема среды разработки ПО Lazarus

В качестве примера программы на языке Free Pascal ниже представлен текст консольной программы с выводом сообщения «My Console Application»:

```

program ConsoleProject;
uses Classes, SysUtils, CustApp;
type { TMyConsole }
  TMyConsole = class(TMyConsoleApplication)
  protected
    procedure DoRun; override;
    
```

```

public
  constructor Create(MyConsoleOwner: TComponent);
  destructor Destroy;
  procedure WriteHelp; virtual;
end;
procedure TMyConsole.DoRun;
var ErrorMessage: String;
begin // Проверка параметров
  ErrorMessage:=CheckOptions('h','help');
  if ErrorMessage<>" then
  begin
    ShowException(Exception.Create(ErrorMessage));
    Terminate; Exit;
  end;
  if HasOption('h','help') then
  begin // Обработка исключения
    WriteHelp; Terminate; Exit;
  end;
  Writeln('My Console Application !'); // Вывод сообщения
  Readln;
  { Здесь место для кода программы пользователя }
  Terminate; // Остановка выполнения программы
end;
constructor TMyConsole.Create(TheOwner: TComponent);
begin
  inherited Create(TheOwner);
  StopOnException:=True;
end;
destructor TMyConsole.Destroy;
begin
  inherited Destroy;
end;
procedure TMyConsole.WriteHelp;
begin { Добавления кода пользователя }
  writeln('Usage: ',ExeName,' -h');
end;
var Application: TMyConsole;
begin
  Application:=TMyConsole.Create(nil);
  Application.Title:='My ConsoleApplication';
  Application.Run; Application.Free;
end.

```

Средства рисования в Lazarus

При разработке приложения, использующего графику, применяются компоненты, имеющие следующие свойства: полотно (холст) Canvas, карандаш Pens, кисть Brushus, шрифт Fontus. Свойством Canvas обладают следующие компоненты:

- форма (класс TFormus);
- таблица (класс TStringGridus);
- растровое изображение (класс TImages);
- принтер (класс TPrinterus).

Класс TCanvas (холст) имеет следующие методы:

- MoveTo(X,Y: integer) – изменение текущей позиции пера;

- LineTo(X,Y: integer) – линия от текущей позиции до точки с заданными координатами X,Y;
- PolyLine(Points array of TPoint) – ломаная линия с заданным массивом координат Points;
- Ellipse(X1,Y1,X2,Y2: integer) – эллипс или окружность внутри прямоугольника с заданными координатами X1,Y1,X2,Y2;
- Rectangle(X1,Y1,X2,Y2: integer) – прямоугольник с заданными координатами X1,Y1,X2,Y2;
- RoundRect(X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3: integer;) – прямоугольник со скругленными углами с заданными координатами X1,Y1,X2,Y2, размер эллипса для вычерчивания скругленного угла X3,Y3;
- Polygon(Points array of TPoint) – замкнутый многоугольник по множеству угловых точек, заданных массивом Points;
- TextOut(X,Y: integer; Text: String) – строка текста Text, выводимая с позиции с заданными координатами X,Y.

Класс TPens (карандаш) имеет следующие свойства:

- Color (TColor) – цвет линии;
- Width(Integer) – толщина линии в пикселах;
- Style – вид линии (возможные значения: psSolid, psDash, psDot, psDashDot, psClear);
- Mode – способ взаимодействия цветов пера и полотна.

Класс TBrushus (кисть) имеет следующие свойства:

- Color – цвет закрашивания замкнутой области (возможные значения: clBlack, clMaroon, clGreen, clOlive, clNavy, clPurple, clTeal, clGray, clSilve, clRed, clLime, clBlue, clFuchsia, clAqua, clWhite);
- Style – стиль заполнения области (возможные значения: bsSolid, bsClear, bsHorizontal, bsVertical, dsDiagonal, bsCross, bsDiagCross);

Класс TFontus (используемые шрифты) имеет следующие свойства:

- Name (String) – имя используемого шрифта;
- Size (Integer) – размер шрифта в пунктах (points: 1 points = 0,353 мм);
- Style – стиль начертания символов (возможные значения: fsBold, fsItalic, fsUnderline, fsStrikeOut).

Пример приложения просмотра графических файлов представлен на рис. 3.

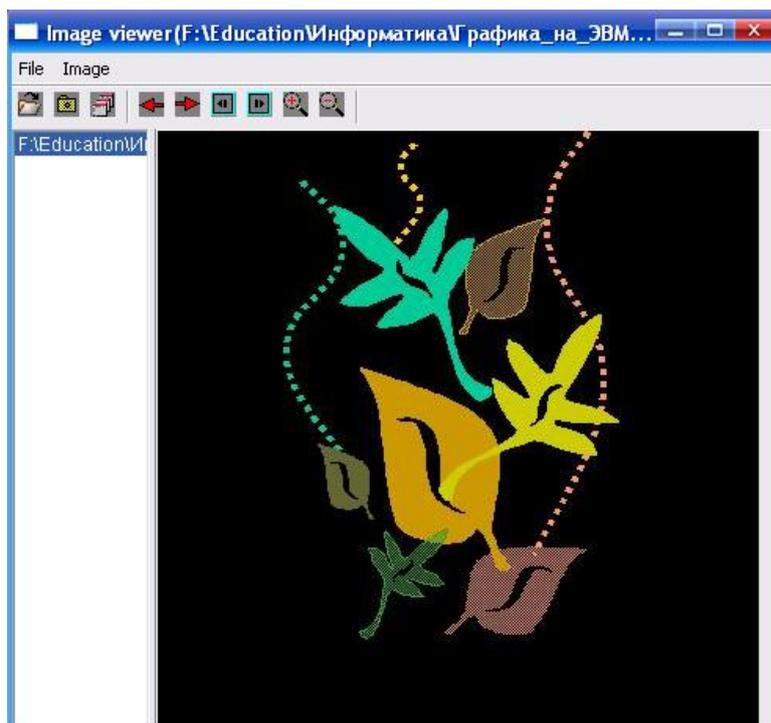


Рис. 3. Приложение просмотра графических файлов

Вывод

Анализ современных средств разработки программного обеспечения, выполненный в работе [3], отражает основные направления совершенствования методов создания программного обеспечения путем использования современных подходов к созданию программного обеспечения, включая структурное и объектно-ориентированное программирование.

Результаты исследования возможностей современных средств создания программного обеспечения, представленные в работах [2, 4–7], показали преимущества разработки приложений, основанных на перспективных средах визуальной разработки, таких как среда Lazarus языка Free Pascal. Для работы с иностранными источниками [5–7] использовались словари [8–10].

Литература

1. Дронов А.В. Lazarus: разработка приложений. М.: ДМК-пресс, 2015.
2. Лабинский А.Ю. Снижение техногенных рисков. Особенности разработки кроссплатформенного программного обеспечения // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2013. № 1 (5). С. 5–9.
3. Лабинский А.Ю. Современные средства разработки программного обеспечения: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018.
4. Лабинский А.Ю. К вопросу создания программ для отечественных операционных систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 4 (32). С. 45–51.
5. Golakai H. The Lazarus Effects. Hermes, 2017.
6. Larkin P. Linux and Lazarus. Sams Publishing, 2019.
7. Ludlum R. The Lazarus. Coriolis, 2018.
8. Websters. New Riverside University Dictionary. The Riverside Publishing Company, 2017.
9. Борковский А.Б., Боровикова Л.И. Словарь по программированию. М.: Русский язык, 2014.
10. Борковский А.Б. Англо-русский словарь по программированию и информатике. М.: Русский язык, 2018.



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 614.8.01

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

В.В. Подмарков, кандидат педагогических наук, доцент;

А.В. Иванов;

И.Е. Лукашина.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведен анализ произошедших пожаров на объектах торговли России и основных нарушений пожарной безопасности в них. Определены основные меры по предотвращению пожаров в торговых центрах.

Ключевые слова: пожар, торгово-развлекательный центр, система дымоудаления, система обнаружения пожара, система автоматического пожаротушения

ANALYSIS OF FIRE SAFETY OF SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTERS

V.V. Podmarkov; A.V. Ivanov; I.E. Lukashina.

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

The article analyzes the fires that have occurred at trade facilities in Russia and the main violations of fire safety in them. The main measures to prevent fires in shopping centers have been identified.

Keywords: fire, shopping and entertainment center, smoke extraction system, fire detection system, automatic fire extinguishing system

Пожарная опасность торгово-развлекательных центров обусловлена большим скоплением людей, значительными строительными объемами и площадями, а также различием функциональных классов пожарной безопасности [1].

В случае возникновения пожара, его безопасная ликвидация и безопасность людей обеспечивается исправностью систем противопожарной защиты объекта, обеспечением требований пожарной безопасности и тренировками работников объекта торговли, направленными на достижение слаженных действий при пожаре [2, 3].

За последние 20 лет наиболее крупные пожары на предприятиях торговли произошли:

11 июля 2005 г. в торговом центре «Пассаж» в г. Ухта, в результате пожара погибли 25 человек, 10 человек травмировано;

22 января 2011 г. в торгово-развлекательном центре «Европа» в г. Уфа, площадь пожара составила 9 тыс. м², в результате пожара погибло два человека;

6 мая 2011 г. в магазине «Кооператор» (г. Самара), занимавшем весь первый этаж 9-этажного жилого дома, на площади 2,5 тыс. м², в результате пожара погибло пять человек, 11 человек травмировано, полностью выгорело восемь квартир;

25 марта 2018 г. в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» в г. Кемерово, площадь пожара составила 1,6 тыс. м², погибло 60 человек, из них 41 ребенок. Данный пожар по числу жертв является вторым в России после пожара в ночном клубе «Хрошая лошадь» в г. Пермь в 2009 г., в котором погибло 156 человек (табл.).

Таблица. Статистика пожаров в торгово-развлекательных комплексах России

Дата	Наименование	Населенный пункт	Кол-во пострадавших	Кол-во погибших	Площадь возгорания, м ²
11.07.2005	«Пассаж»	Ухта, Республика Коми	10	25	нет данных
25.03.2007	«911»	Москва	нет данных	11	нет данных
05.12.2009	«Хрошая лошадь»	Пермь	80	156	нет данных
22.01.2011	«Европа»	Уфа	15	2	9000
01.03.2013	«Эльдорадо»	Иркутск	нет	нет	нет данных
02.04.2013	«Октябрь»	Черемхово, Иркутская обл.	нет	нет	нет данных
26.03.2014	«Рублев»	Иркутск	эвакуировано 120 чел.	нет	нет данных
11.03.2015	«Адмирал»	Казань	70	19	4000
22.06.2015	Авалон-Сити	Иркутск	эвакуировано 60 чел.	нет	нет данных
10.07.2017	«Рио»	Москва	18	нет	1000
09.08.2017	«Атом»	Москва	нет	нет	1500
03.10.2017	«Синдика»	Строгино, Московская область	3	нет	55 000
13.10.2017	«Перспектива»	Чехов, Московская область	нет	нет	3000
02.12.2017	«Мега Мир»	Оренбург	нет	нет	1500
08.12.2017	«Аист»	Раменск, Московская область	1	3	600
25.03.2018	«Зимняя вишня»	Кемерово	60	64	1600
01.06.2018	«Комсомолл»	Иркутск	8 чел. – ожоги I, II степени, 2 чел. – ожоги 40% тела	нет	нет данных

По данным СТИФ Россия находится на одном из самых высоких в мире мест по числу смертей от пожаров, с 2015 по 2019 г. этот показатель составил 5,78 смертей на 100 тыс. жителей по сравнению с 5,57 в Беларуси, 4,53 в Украине, 1,06 в США и 0,43 во Франции и Германии.

Анализ числа пожаров, произошедших за последние пять лет на предприятиях торговли Российской Федерации (рис. 1, 2), показывает рост их числа в городах и снижение в сельской местности.

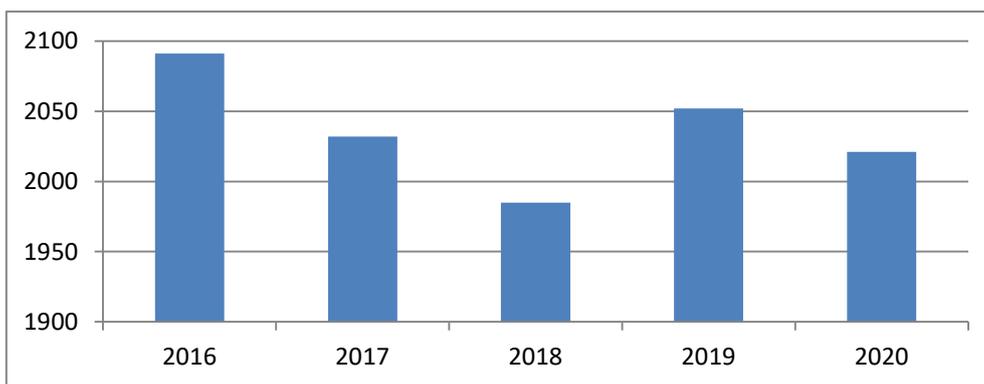


Рис. 1. Динамика пожаров на городских предприятиях торговли в 2016–2020 гг.

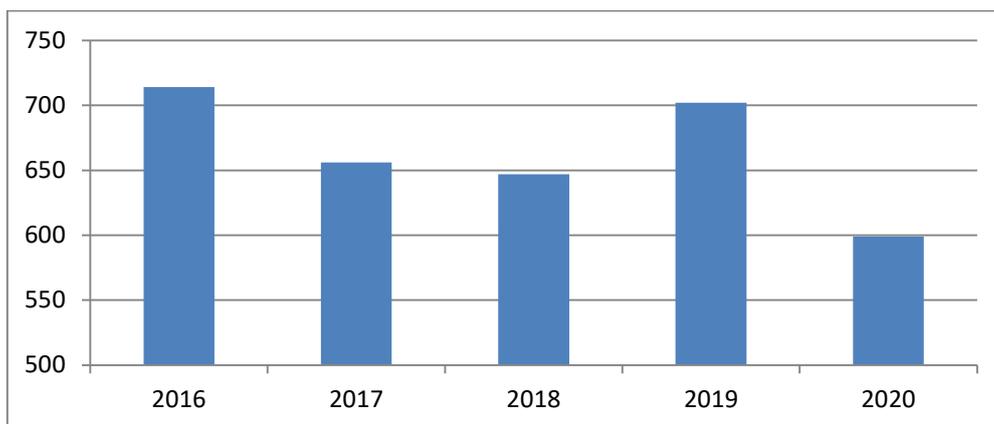


Рис. 2. Динамика пожаров на сельских предприятиях торговли в 2016–2020 гг.

Увеличение числа пожаров и их последствий в торгово-развлекательных центрах привело к проведению Генеральной прокуратурой Российской Федерации совместно с МЧС России внеплановых проверок пожарной безопасности на данных объектах. Охват составил 11 тыс. объектов торговли. Результатом стало выявление 282 тыс. нарушений противопожарных требований (рис. 3) [4].



Рис. 3. Основные нарушения требований пожарной безопасности

В современных условиях объекты с массовым пребыванием людей требуют максимальной защиты от пожаров. Для этих целей используются меры, предусматривающие проектирование и монтаж автоматической пожарной сигнализации (АПС), систем обнаружения и оповещения о пожаре, установок пожаротушения автоматических, противодымной защиты (рис. 4), а также зон безопасности [5, 6].

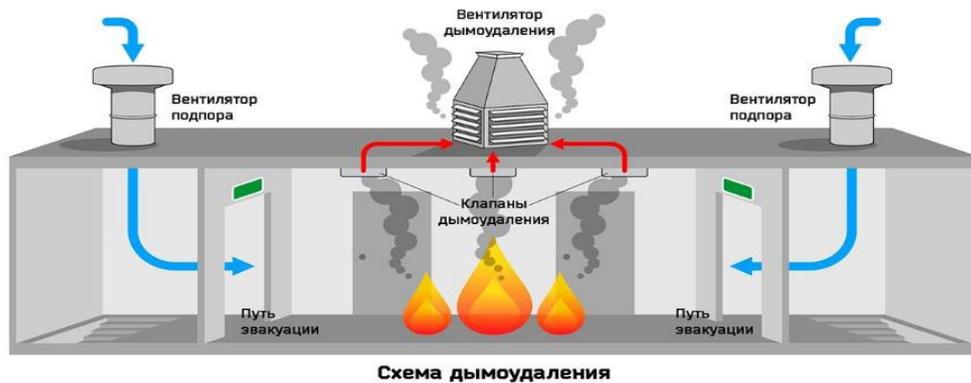


Рис. 4. Система дымоудаления

Система обнаружения пожара – комплекс технических средств и организационных мероприятий, осуществляющий своевременное оповещение о пожаре, включающий остальные системы противопожарной защиты. Сигнал формируется автоматическим пожарным извещателем или импульсом срабатывания автоматической установки пожаротушения.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) предназначена для своевременного оповещения о пожаре и путях безопасной эвакуации с целью сохранения жизни и здоровья людей. Применение СОУЭ 5-го типа, включающей в себя световые оповещатели, указатели направления движения, звуковые речевые оповещатели, разделенные на зоны с независимым включением, обеспечивают наибольший уровень безопасности (рис. 5) [7, 8].



Рис. 5. Элементы СОУЭ

Установка пожаротушения автоматическая выполняет функцию пожарной сигнализации от собственных технических средств и осуществляет пожаротушение за счет выпуска огнетушащего вещества. Для объектов с массовым пребыванием людей в основном применяют водяные спринклерные установки пожаротушения.

Для предотвращения пожаров на объектах с массовым пребыванием людей и смягчения их последствий необходимо применение пожарных отсеков, ограничение высоты расположения помещений, недопущение пересечения шахтами лифтов, границы пожарных отсеков. Данная задача может решаться только при комплексном подходе путем применения специальных материалов, установок пожаротушения автоматических и систем дымоудаления, АПС, наличия необходимого количества эвакуационных путей и выходов, декларирования пожарной безопасности [9, 10].

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Плотников А.С., Седов Д.В. Анализ последствий пожаров на объектах с массовым пребыванием людей и мер, направленных на их смягчение // Безопасность деятельности человека. 2020. № 5. С. 71–83.
3. Сметанкина Г.И., Романченко С.А. Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности общественных зданий // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1 (7). С. 274–278.
4. Анализ результатов проведения надзорно-профилактических мероприятий в торговых центрах и иных объектах с массовым пребыванием людей в апреле–июле 2018 г. / А.М. Арсланов [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. Т. 1. С. 31–34.
5. Обзор систем дымоудаления // ОРБИТА–СОЮЗ. URL: <https://os-info.ru/rojarotuschenie/obzor-sistemdymoudaleniya.html> (дата обращения: 12.11.2021).
6. Загребина Е.И., Арисова Д.Г. Конструктивно-планировочные решения по обеспечению пожаробезопасности зданий с массовым скоплением людей // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 2 (20). С. 22–25.
7. Шалагин Р.П., Кривенко Н.Н. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов торговли // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 2. С. 971–973.
8. Мокряк А.В. Причины и последствия пожаров, произошедших в местах с массовым пребыванием людей // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2020. № 3. С. 37–41.
9. Дроздова Т.И., Дроздов Д.С. Экспертная оценка противопожарной защиты в здании торгового назначения города Иркутска // XXI век. Техносферная безопасность. 2018. № 3. С. 8–10.
10. Пожарная безопасность зданий и сооружений в Иркутской области / В.В. Гармышев [и др.] // XXI век. Техносферная безопасность. 2017. № 4. С. 86–96.

УДК 614.841.411

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

Д.С. Шупнев;

А.Н. Семенов;

А.В. Бычков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Обзорно рассмотрены проблемные вопросы современного состояния инфраструктурной безопасности торговых центров, приведены как новейшие методы улучшения их пожарной безопасности, так и превентивные. Выбраны различные подходы для экономически обоснованных вариантов модернизации пожарной безопасности торговых-развлекательных центров.

Ключевые слова: пожарная безопасность, эвакуация, тренировка, руководитель тушения пожара

CURRENT ISSUES OF FIRE SAFETY OF OBJECTS WITH MASS STAY OF PEOPLE

D.S. Shupnev; A.N. Semenov; A.V. Bychkov.

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

The article reviews the problematic issues of the current state of infrastructural security of shopping centers, provides both the latest methods of improving their fire safety and preventive ones. Various approaches have been chosen for economically justified options for the modernization of fire safety of shopping and entertainment centers.

Keywords: fire safety, evacuation, training, fire extinguishing manager

Пожары – это одно из самых опасных бедствий, количество которых зависит не только от состояния окружающей среды, но и от людей. Несмотря на научно-технический прогресс, количество пожаров не сокращается, а порой даже увеличивается, нанося серьезный материальный ущерб и приводя к гибели людей, в том числе и пожарных. Пожарный – одна из рискованных профессий, сопряженная с высоким уровнем травматизма [1].

Не всегда положительный исход тушения пожаров зависит от степени подготовленности личного состава подразделений, большую роль играют технические средства для борьбы с пожарами и их соответствие требованиям работы в разных регионах [2].

Для эффективного обеспечения пожарной безопасности (ПБ) объектов с массовым пребыванием людей (МПЛ) очень важно учитывать «человеческий фактор» в поведении как персонала объекта, так и посетителей при пожаре. Учитывая их массовую посещаемость и высокую пожарную нагрузку, опасность возникновения пожара с возможными тяжкими последствиями в них всегда очень высоки [3].

Для привлечения большего числа посетителей и получения большей прибыли торговые предприятия стали открывать развлекательные учреждения: кинотеатры, детские центры, ледовые катки, объекты общественного питания, игровые автоматы, бассейны, встроенные автостоянки и прочие зоны различного назначения, что превратило их в многофункциональные комплексы.

Часто при проектировании, строительстве или реконструкции многих таких объектов защиты допускались серьезные нарушения требований ПБ [4].

Однако после пожара в торговом центре (ТЦ) «Зимняя вишня» в г. Кемерово, произошедшем 25 марта 2018 г., в результате которого погибло 60 человек, из которых 37 детей, Правительством Российской Федерации и Генеральной прокуратурой Российской Федерации были даны поручения о проведении внеплановых выездных проверок обеспечения ПБ в ТЦ. В течение нескольких недель на территории Российской Федерации были проведены соответствующие мероприятия по контролю, по итогам которых основными выявленными проблемными вопросами стали:

- отсутствовала пожарная сигнализация и система дымоудаления;
- объекты не обеспечивались источниками внутреннего и наружного пожаротушения либо не хватало рабочего давления системы для нужд пожаротушения;
- занижался уровень необходимой защиты, вместо оборудования зданий автоматическими установками пожаротушения они оборудовались системами автоматической пожарной сигнализации; вместо систем оповещения 3-го и 4-го типов здания оборудовались системами 1-го и 2-го типов и т.п.;
- здания не в полном объеме обеспечивались первичными средствами пожаротушения, знаками безопасности, планами эвакуации.

Эвакуация является первым, скорейшим и наилучшим способом спасения жизни людей в условиях возможного воздействия опасных факторов пожара. Особенностью проведения тренировок по эвакуации из зданий с МПЛ является то, что на тренировку привлекается в качестве обучаемых охрана, технический персонал, сотрудники и работники, все продавцы и посетители, которые пришли в этот день за покупками.

Отработки планов эвакуации можно разделить на два типа: объектовые и индивидуальные. Интересны, полезны и эффективны индивидуальные отработки (тренировки), проводимые должностными лицами ТЦ, ответственными за ПБ, с персоналом объекта.

Наиболее понятна и привычна для сотрудников подразделений пожарной охраны объектовая отработка планов эвакуации, проводимая в рамках пожарно-тактических учений или занятий. Такие тренировки могут проводиться и по инициативе собственника объекта, при его желании, что происходит очень редко, так как такие мероприятия очень затратные и требуют согласования с МЧС России;

- в большинстве проведенных проверок противопожарного состояния ТЦ были выявлены нарушения требований, предъявляемых к эвакуационным путям по их геометрическим размерам (ширина, высота, удаленность), отделке путей эвакуации различными строительными материалами, не имеющими сертификации, загромождению и захламлению эвакуационных путей и выходов;
- отсутствие необходимых стен, перегородок и их соответствующего заполнения;
- низкий уровень знаний у сотрудников охраны и персонала в области обеспечения безопасности, в том числе по действиям в случае пожара [5].

Проведенные проверки наглядно показали, что в подавляющем большинстве случаев правообладателями объектов защиты не уделялось достаточного внимания вопросам обеспечения ПБ в ТЦ, сотни из которых были закрыты решениями судов.

В целях надлежащего обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, в том числе ТЦ, необходимо выполнять комплекс организационно-технических мероприятий.

Объем необходимых требований, которые диктуют противопожарные нормы, огромен, но из него можно выделить два основных направления это:

1. Инженерно-техническое обеспечение здания ТЦ (выполнение требований федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, устанавливающих обязательные для исполнения требования ПБ):

- соответствие требуемой огнестойкости, этажности, площадей пожарных отсеков, объемно-планировочных решений, генерального плана и т.п.;
- наличие систем автоматической противопожарной защиты (сигнализации, пожаротушения, оповещения, дымоудаления и т.п.) и поддержание их в исправном состоянии.

Инженерно-технические мероприятия должны быть предусмотрены еще на этапе проектирования зданий и выполнены на этапе строительства либо реконструкции зданий.

2. Меры по обеспечению противопожарного режима (выполнение требований правил противопожарного режима):

- назначение ответственных лиц за обеспечение ПБ объекта;
- содержание эвакуационных путей и выходов в надлежащем состоянии;
- обеспечение помещений объекта необходимым количеством первичных средств пожаротушения;
- обучение работников действиям при возникновении пожара, по эвакуации посетителей из торговых залов, зрителей из кинозалов, посетителей игровых центров, комнат, особое внимание уделяя сопровождению детей и маломобильных граждан и прочих мероприятий.

Мероприятия по обеспечению противопожарного режима на объектах защиты должны выполняться постоянно [6].

Литература

1. Крымский В.В., Родичев А.А. Экономия времени обращения капитала за счет более раннего освоения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 3 (11). С. 96–101.

2. Елисеев И.Б., Матвеев А.В. Анализ состояния и проблем пожаротушения капитально ремонтируемых зданий и сооружений Санкт-Петербурга // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 71–76.

3. Техносферная безопасность. Пожарная тактика: Справочник руководителя пожарно-спасательного подразделения / А.А. Баранов [и др.]. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 96 с. ISBN 978-5-906765-36-9.

4. Вакуленко С.В., Ильницкий С.В., Осмонов Ю.Ю. Перспективы развития добровольных пожарных команд и дружин для реагирования на пожары и чрезвычайные ситуации // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: материалы междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2020. С. 265–268.

5. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федер. закон от 22 дек. 2008 г. № 294-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Крымский В.В., Панков А.Е. Система риск-контроллинга промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2014. № 2 (192). С. 114–122.

УДК 614. 84

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ УЧАСТНИКОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Д.Ю. Подгорный;

А.Н. Семенов;

В.В. Рогожкин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описано современное состояние газонаполнительных станций со сжиженным углеводородным газом. Приведены перспективы развития этой отрасли народного хозяйства. Перечислены актуальные проблемы в области тушения и предварительного планирования по тушению пожаров. Выявлено, что на сегодняшний день не ведется отдельная статистика по пожарам, произошедшим на автомобильных заправочных станциях.

Ключевые слова: пожар, сжиженный природный газ, компрессорные станции, статистика

TOPICAL ISSUES OF SAFETY OF PARTICIPANTS IN EXTINGUISHING A FIRE AT AN AUTOMOBILE GAS-FILLING COMPRESSOR STATION

D.Yu. Podgorny; A.N. Semenov; V.V. Rogozhkin.

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

The article describes the current state of gas filling stations with liquefied petroleum gas. The prospects for the development of this branch of the national economy are given. The current problems in the field of extinguishing and preliminary planning for extinguishing fires are listed. It has been revealed that to date, there are no separate statistics on fires that occurred at gas stations.

Keywords: fire, liquefied natural gas, compressor stations, statistics

Сжиженный природный газ (СПГ) – это эффективный, чистый и относительно недорогой источник энергии, широко используемый в повседневной жизни, промышленном производстве и в других областях. Он стал одним из трех столпов мировой энергетики с неустойчивыми мировыми ценами на нефть и быстрым ростом спроса на чистую энергию. Обеспечение безопасности людей на объектах хранения и использования СПГ является первостепенной задачей из-за легковоспламеняемости и взрывоопасности СПГ, а утечки могут вызывать множество серьезных аварий и огромные убытки. Благодаря государственной поддержке, рынок газомоторного топлива очень активно развивается [1].

К концу 2021 г. количество газовых автозаправочных станций в России увеличится на 20 % и превысит 700 автозаправочных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Исследование методов и способов повышения эффективности безопасности на АГНКС является актуальным, обеспечение безопасности людей на объектах хранения и использования СПГ является первостепенной задачей из-за легковоспламеняемости и взрывоопасности СПГ, а утечки могут вызывать множество серьезных аварий.

Природный газ поступает на АГНКС по газопроводам. На станции газ осушается и закачивается под давлением 20 МПа (200 атмосфер) в аккумуляторы газа, в таком виде закачивается в баллоны транспортных средств.

Исходя из вышеперечисленного, выделим события и дестабилизирующие факторы, ведущие к повышению рисков возможных аварий и тяжести их последствий на эксплуатируемом оборудовании:

- износ оборудования;
- ошибки в проекте станции;
- высокое давление газа;
- неисправность молниезащиты;
- неосторожность посторонних лиц;
- дефекты оборудования заводского характера;
- ошибки персонала из-за недостаточной компетентности или по невнимательности;
- некачественная диагностика оборудования;
- несвоевременный ремонт [2].

Помещения компрессорных станций подлежат защите автоматическими установками пожаротушения независимо от площади, но в случае неисправности или некорректного срабатывания, тушение пожара производится пожарно-спасательными подразделениями.

Важнейшим вопросом при ликвидации последствий аварийных ситуаций является обеспечение безопасности участников тушения пожара на АГНКС. Основными аспектами решения данного вопроса являются:

- достаточность сил и средств для локализации и ликвидации возможного пожара;
- обеспечение руководителя тушения пожара информацией об «оперативно-тактической характеристике» объекта;
- предварительное прогнозирование возможной обстановки на объекте при пожаре;

- планирование основных действий по тушению пожара;
- повышение теоретической и практической подготовки личного состава подразделений пожарной охраны, аварийно-спасательных формирований и их органов управления к действиям по тушению пожара.

Составление в подразделениях пожарной охраны документов предварительного планирования действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ (план тушения пожара (ПТП) и карточка тушения пожара (КТП) совместно с практической отработкой пожарно-тактических занятий на объектах хранения и использования СПГ, позволило бы подготовить участников тушения пожара и персонал объекта к ликвидации последствий возможных аварий с соблюдением всех требований безопасности [3, 4].

После консультации с коллегами из разных субъектов Российской Федерации было установлено что ПТП и КТП на АГНКС в большинстве случаев не разрабатываются. Вместе с тем известно, что сжиженный природный газ и его пары практически не растворяются в воде, а теплота воды, подводимая к СПГ, в пять раз усиливает испарение СПГ при контакте, что приводит к объемному кипению взрывного характера. По этой причине нельзя подавать воду на тушение или локализацию зоны испарения при авариях на объектах хранения СПГ. Незнание участниками тушения пожара тактико-технических характеристик объекта, способов и средств тушения, возможных последствий развития пожара ведёт к повышению рисков травматизма.

В настоящее время ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» не ведет отдельную статистику по пожарам, произошедшим на автомобильных заправочных станциях, в том числе и с газомоторным топливом. Данный факт не даёт проанализировать и актуализировать проблемные вопросы, связанные с тушением пожаров на данных объектах. Учитывая перспективы и динамику развития данной отрасли, вопросы безопасности участников тушения пожара и персонала при аварийных ситуациях на АГНКС являются актуальными [5, 6].

Литература

1. Крымский В.В., Родичев А.А. Экономия времени обращения капитала за счет более раннего освоения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 3 (11). С. 96–101.
2. Техносферная безопасность. Пожарная тактика: Справочник руководителя пожарно-спасательного подразделения / А.А. Баранов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 96 с. ISBN 978-5-906765-36-9.
3. Душкин А.Л. Первичные средства пожаротушения для Арктики // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 16. С. 64–74.
4. Зайцев А.П. Чрезвычайные ситуации. М.: Экология, 2017. 214 с.
5. Планирование боевых действий при тушении пожара в условиях возможного взрыва баллона с газом. URL: <http://www.0-1.ru/law/showdoc.asp?dp=tduvgb2000&chp=3> (дата обращения: 15.10.2021).
6. Тактика тушения пожаров на объектах хранения и переработки сжиженных углеводородных газов. URL: <https://nachkar.ru/dop-zaniatiya/page10.htm> (дата обращения: 15.10.2021).

УДК 614.842.6

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Д.А. Кузнецов;

А.Н. Теняев;

А.Ю. Ткаченко.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Тушение пожара – непростая задача, особенно в осложненных условиях – в зданиях повышенной этажности. Основная сложность заключается в ликвидации огня на значительных высотах и спасении людей с верхних этажей, поэтому тушение пожара в таких условиях существенно отличается от тушения пожара в малоэтажных зданиях. В связи с этим, в качестве вспомогательных средств по тушению пожара предусматривают конструктивные и инженерные мероприятия, такие как, например, дополнительные лестницы, пожарные щиты, пожаропроводные сети, гидропневматические системы, то есть любые технологии, способные облегчить работу пожарных, работающих в боевых условиях тушения пожара на высоте. Кроме того, опасность проведения спасательных работ и мероприятий по тушению пожаров на высоте требует специальной технической и физической подготовки пожарных звеньев для избежания несчастных случаев и потерь личного состава. В связи с этим изучение данной темы целесообразно, имеет высокую значимость.

Ключевые слова: пожарная безопасность, тушение пожаров, очаг возгорания, многоэтажное здание, эвакуация пострадавших, пожарные рукава

FEATURES OF FIRE EXTINGUISHING IN HIGH-RISE BUILDINGS

D.A. Kuznetsov; A.N. Tenyaev; A.Yu. Tkachenko.

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

Extinguishing a fire is not an easy task, especially in complicated conditions – in high-rise buildings. The main difficulty lies in the elimination of fire at significant heights and the rescue of people from the upper floors, so extinguishing a fire in such conditions is significantly different from extinguishing a fire in low-rise buildings. In this regard, constructive and engineering measures are provided as auxiliary means for extinguishing a fire, such as, for example, additional ladders, fire shields, fire-conducting networks, hydropneumatic systems, that is, any technologies that can facilitate the work of firefighters working in combat conditions of extinguishing a fire at altitude. In addition, the danger of carrying out rescue operations and fire extinguishing measures at altitude requires special technical and physical training of fire units to avoid accidents and personnel losses. In this regard, the study of this topic is expedient, has a high significance.

Keywords: fire safety, fire extinguishing, fire source, multi-storey building, evacuation of victims, fire hoses

Пожары как стихийные и неуправляемые явления за всю историю человечества нанесли немалый ущерб – известны случаи выгорания деревень и даже целых городов с большим количеством жертв и потерей материальных ценностей. С течением времени появились новые строительные материалы с низкой пожарной нагрузкой, а также средства пожаротушения и быстрого реагирования, способствующие снижению количества пожаров. С ростом количества многоэтажных монолитных, кирпичных и панельных домов, с увеличением площади жилой застройки общее количество пожаров снизилось, однако

материальный ущерб ежегодно растет, а также возникают сложности с тушением таких пожаров на высоте, при низкой маневренности пожарной специальной техники у фундаментов зданий из-за подъездных путей к домам, так как нормативы ширины дорожного полотна для проезда специальной техники изменены не в сторону увеличения [1].

Известно, что на территории Российской Федерации еженедельно выгорает в среднем не менее 1 000 квартир, где погибают люди [2]. Причины таких пожаров, зачастую, связаны с неосторожным обращением с огнем, а также наличием устаревших электросетей и повышенной нагрузкой многочисленных электроприборов, особенно в домах 70–80-хх гг. постройки, где изоляция электрических проводов высохла, а сами провода требуют замены.

Здания повышенной этажности (ЗПЭ) – это здания высотой от 10 этажей, имеющие негоряемые огнестойкие конструкции. На этапе проектирования они уже включают в себя противопожарные системы – вентиляцию, эвакуационные пожарные лестницы, лестнично-лифтовые узлы, фрамуги и т.д. ЗПЭ могут иметь малое и большое количество секций, могут быть односекционными. Кроме того, в современных ЗПЭ нередко могут присутствовать даже встроенные пожарные рукава, которые проложены на верхние этажи для облегчения работы пожарных на высоте [3].

ЗПЭ присваивается изначально высокий ранг вызова, то есть при пожаре пожарный расчет выезжает немедленно, и с ним автоматически выезжает автолестница (рис. 1). На каждое ЗПЭ имеется план тушения пожара, который включает все варианты развития пожара (не менее двух) и описание эвакуационных выходов. При следовании на пожар в ЗПЭ руководитель тушения пожара уже в пути может ознакомиться с данным документом и дать распоряжение по спасательным работам и тушению, расчету количества рукавов и, в случае необходимости, дополнительных пожарных расчетов [4].

Тушение пожаров, особенно в жилых и офисных ЗПЭ, предполагает наличие огромного опыта, подготовки и высокого уровня профессиональных знаний у всех участников тушения пожара. Любой гарнизон пожарной охраны имеет в своем составе подготовленных специалистов, которые постоянно повышают уровень своей подготовки, квалификации, знаний о новых способах тушения пожаров, материалах разбора подобных пожаров, способах быстрой и эффективной эвакуации людей из опасной зоны.



Рис. 1. Вид спасения с применением автолестницы

Оборудование, применяемое при тушении пожара на высоте, также должно быть надежным, функциональным и безопасным, что в первую очередь важно для должностных лиц, участвующих в пожаротушении. Пожарные автолестницы как основная машина, используемая при тушении, оборудуется всем необходимым для проведения спасательных

работ на высоте – подача рукавов должна быть своевременной. Автолестницы должны выдерживать высокие нагрузки. На них имеются насосы высокого давления, которые могут поднимать воду на высоту до 100–120 м, что позволяет тушить пожары в зданиях выше 30 этажей с учетом функциональных возможностей (рис. 2) [5].

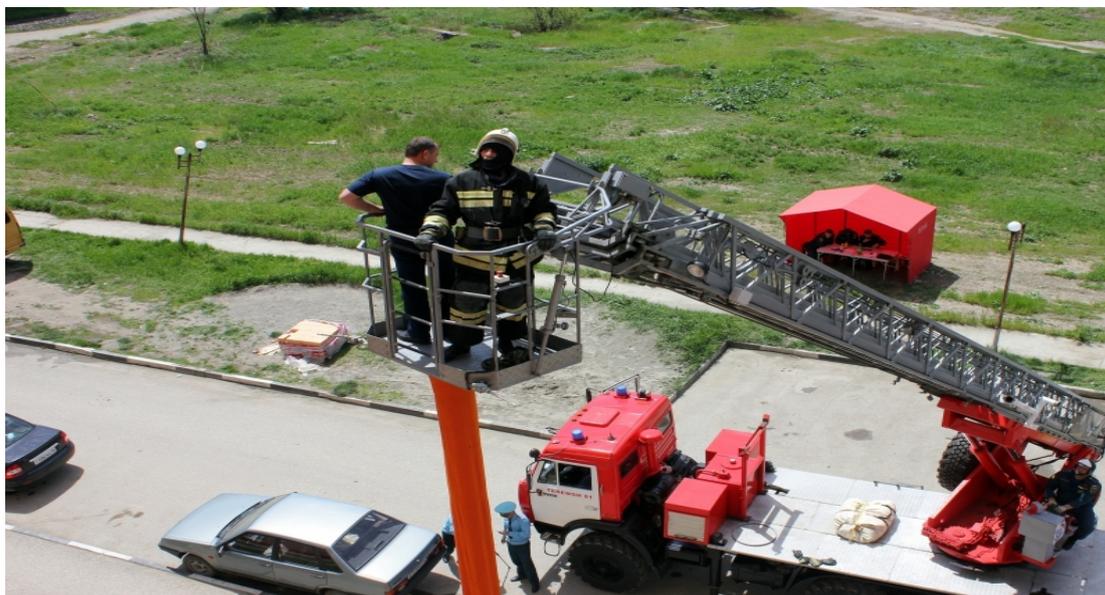


Рис. 2. Вид спасения с применением пожарной автовышки

Для тушения пожаров в небоскребах необходимо более серьезное оборудование, технические средства и техника – пожарные вертолеты и помощь спасателей, имеющих опыт работы на высоте со специальным допуском. Необходимая экипировка таких специалистов включает специальные тросы и крепления, карабины, обувь, головные уборы, маски, которые включаются в состав так называемой «сумки пожарного-высотника» (рис. 3). Данный комплект оборудования помещается в специальную непрогораемую сумку, имеющую несколько специальных отсеков, где имеется все необходимое оборудование. Также пожарный-высотник – это человек, имеющий навыки альпинизма, проходящий постоянное обучение для улучшения навыков в вузах системы МЧС России [6].



Рис. 3. Сумка пожарного-высотника

При работе пожарного расчета в ЗПЭ в первую очередь проводится разведка газодымозащитниками, которые в кратчайшие сроки оценивают обстановку, посредством радиосвязи дают описание планировки, масштабов пожара, скорости распространения огня, ведут поиск ближайших водоемисточников и указывают на места, наиболее предпочтительные для расстановки сил и средств. В это же время вблизи объекта разворачивается пост (штаб), где ведется контроль всей спасательной операции. Рядом разворачивается медицинский пункт, куда поступают спасенные из здания люди для осмотра и оказания им первой медицинской помощи [7].

Особая сложность при тушении пожаров в ЗПЭ заключается в сложной планировке зданий, многочисленных коммуникациях внутри здания, разрушении конструкций и горении отделочных материалов, мебели, выделяющих при горении едкие токсичные вещества и густой дым. Работа спасателей осложняется поиском пострадавших внутри многочисленных комнат, под завалами мебели и материалов.

Необходимо отметить, что тушить пожары на нижних этажах ЗПЭ гораздо легче – огнетушащие вещества запускаются в очаг горения и на пути распространения, однако пока опасная зона не будет пройдена, существует опасность задымления и осложнения эвакуации на этажах выше. При пожарах на первых этажах ЗПЭ в обязательном порядке проводится эвакуация всего здания, что требует больших усилий от пожарных подразделений. Спасательная операция требует привлечения большего количества сил и средств. Если говорить о пожаре на высоте, трудность заключается во введении сил и средств на высоту.

Таким образом, анализируя возможности тушения пожаров в ЗПЭ, современные силы пожарных частей подготовлены на высоком уровне, используются все современные технологии, особенно в части эвакуации людей и ускорения процесса тушения пожара, а сама спасательная операция требует от сотрудников навыков альпинизма и специальных допусков к работе на высоте.

Литература

1. Крымский В.В., Родичев А.А. Экономия времени обращения капитала за счет более раннего освоения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 3 (11). С. 96–101.
2. Тараканов Д.В., Смирнов В.А., Семенов А.О. Метод многокритериального ранжирования вариантов управления тушением пожаров в зданиях // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 6 (70). С. 72–75.
3. Техносферная безопасность. Пожарная тактика: Справочник руководителя пожарно-спасательного подразделения / А.А. Баранов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 96 с. ISBN 978-5-906765-36-9.
4. Аксютин В.П., Шелудько Н.А. Пожарная безопасность. М.: Трансинфо, 2018. 224 с.
5. Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-й годовщине МЧС России. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2020. 577 с.
6. Крымский В.В., Панков А.Е. Система риск-контроллинга промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2014. № 2 (192). С. 114–122.
7. Терехнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2012.

УДК 621.65:614.8(075.8)

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ШИН ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.Ю. Медведев;

В.С. Земсков;

Д.А. Сокольский.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрено обеспечение безопасности при техническом обслуживании шин пожарных автомобилей пожарно-спасательного гарнизона. Рассматриваются виды колес в зависимости от основного назначения и их конструкция. Также рассматривается вопрос техники безопасности при накачке шин с использованием защитных клетей, проводится анализ их характеристик, с целью изучения особенностей конструкции.

Ключевые слова: техническое обслуживание шин, диск, обод колеса, клеть для накачки шин, ведущие, управляемые, комбинированные, поддерживающие

TECHNICAL SOLUTIONS TO ENSURE SAFETY IN THE MAINTENANCE OF FIRE TRUCK TIRES

A.Yu. Medvedev; V.S. Zemskov; D.A. Sokolsky.

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

The article is devoted to ensuring safety during the maintenance of tires of fire trucks of the fire and rescue garrison. The article discusses the types of wheels depending on the main purpose and their design. Also, the issue of safety precautions when pumping tires using protective stands is considered, an analysis of their characteristics is carried out in order to study the design features.

Keywords: tire maintenance, disc, wheel rim, tire pumping crate, driving, controlled, combined, supporting

Основной задачей ведущих колес является передача крутящего момента от трансмиссии транспортного средства в силу тяги, в результате чего транспортное средство начинает свое движение [1]. Задачей управляемых колес является передача толкающих усилий и с помощью рулевого управления задание направления движения. Комбинированные колеса – это колеса, которые выполняют функции ведущих и управляемых колес. Такие колеса, как правило, встречаются в переднеприводных автомобилях. Основной целью поддерживающих колес является создание опоры качения для автомобиля.

Диск и обод колеса штампуют из специальной стали, придавая им форму, способствующую увеличению жесткости и облегчающую монтаж шины на обод. В местах посадки шины обод имеет полки (7), которые заканчиваются бортами (6). Диск и обод колеса соединяют с помощью сварки, а для крепления колеса к ступице в диске сверлят отверстия, которыми колесо устанавливается на шпильки и закрепляется гайками (рис. 1).

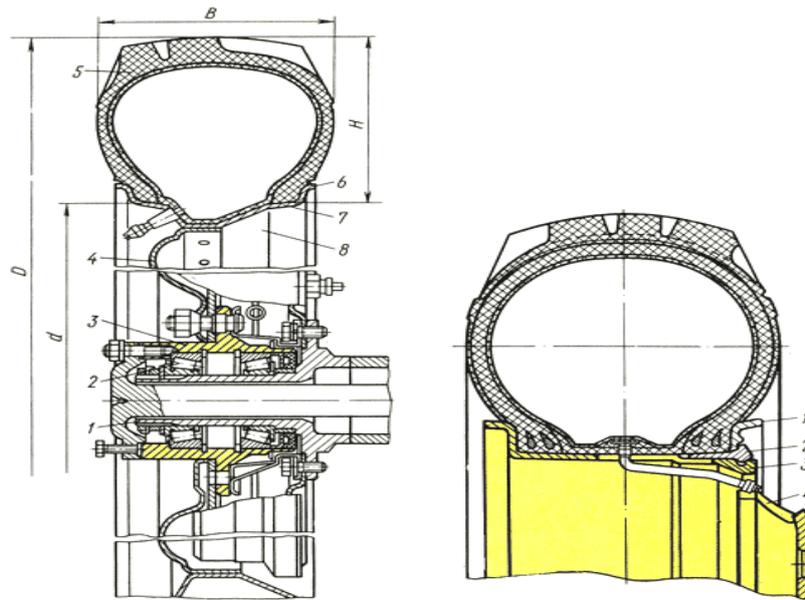


Рис. 1. Конструкция колеса с глубоким ободом (слева) и плоским ободом (справа)

В настоящее время колеса подразделяют на дисковые и бездисковые (рис. 2), данная конструкция зависит от конструктивного исполнения обода и его соединительной части. В легковых автомобилях наиболее широко распространены дисковые колеса, бездисковые автомобили, как правило, относятся к большегрузным транспортным средствам (например, МАЗ, КамАЗ).

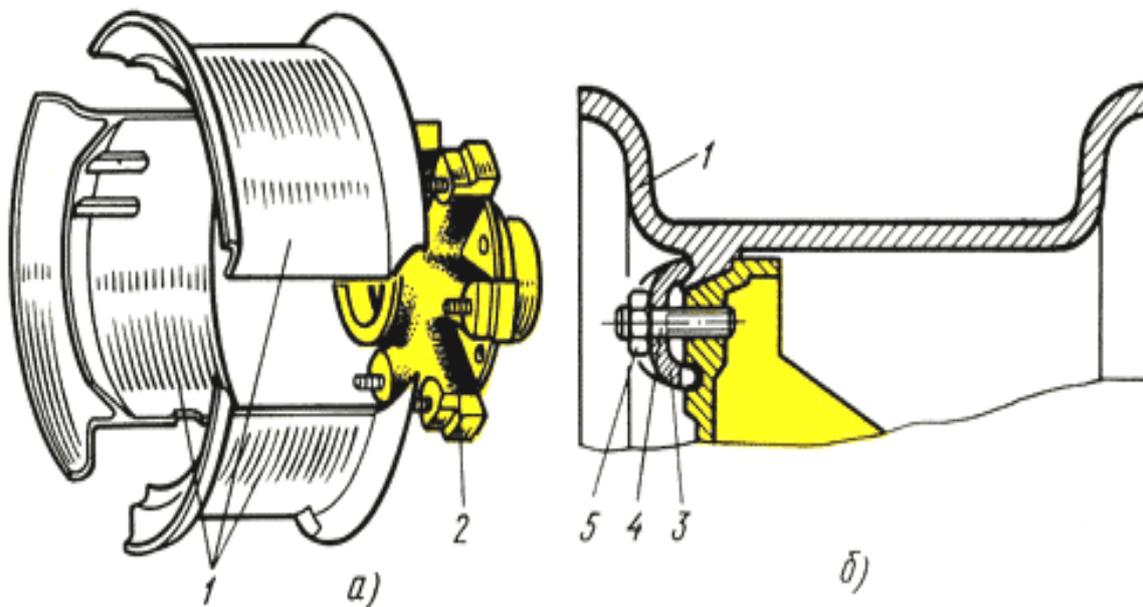


Рис. 2. Устройство бездискового колеса

Бездисковые колеса по сравнению с дисковыми обладают небольшой массой (на 10–15 % меньше), в результате чего наиболее комфортны при выполнении ремонтных работ, а также обеспечивают лучшие условия охлаждения тормозной системы при движении.

В настоящее время на рынке существует большое количество оборудования для автосервисов. Среди него присутствуют и клетки для накачки шин. Поэтому следует провести анализ их характеристик с целью изучения особенностей конструкции [2–5].



Рис. 3. Клеть для накачки шин модель КС-115

Клеть для накачки колес грузовых автомобилей КС-115 (рис. 3) [6], предназначена для безопасной накачки грузовых колес автомобилей, снабжена пневматической задвижкой, запирающей дверь. Автоматическое устройство для накачки шин контролирует процесс накачки до определенного давления, заданного оператором (табл. 1).

Комплект поставки:

- защитная клеть;
- бустер – устройство взрывной накачки колес;
- автоматическое устройство для накачки грузовых колес;
- пневматический шланг;
- пневматический замок.

Таблица 1. Технические и экономические параметры КС-115

Параметр	Значение параметра
Рабочее давление, МПа	1,0
Максимальная высота конструкции, мм	1 590
Длина конструкции, мм	1 600
Ширина конструкции, мм	800
Максимальный диаметр колеса, мм	1 500
Максимальная ширина колеса, мм	700
Вес конструкции, кг	165
Стоимость, руб.	78 000

На рис. 4, 5 представлены модели конструкции похожего назначения – клетки для накачки шин грузового транспорта. Они также предназначены для обеспечения безопасности оператора при накачке шин. Их характеристики приведены в табл. 2 и 3 соответственно.



Рис. 4. Клеть для накачки шин грузового транспорта 06.304-7001



Рис. 5. Клеть для накачивания крупногабаритных колес мод. 506

Предусмотрено крепление клетки к полу анкерными болтами, дверь имеет механическую блокировку.

Таблица 2. Технические и экономические параметры конструкции 06.304-7001

Параметр	Значение параметра
Максимальная высота конструкции, мм	1 580
Длина конструкции, мм	1 600
Ширина конструкции, мм	745
Максимальный диаметр колеса, мм	1 500
Максимальная ширина колеса, мм	500
Вес конструкции, кг	170
Стоимость, руб.	32 509

Клеть предназначена для обеспечения безопасности персонала при накачивании колес больших размеров (диаметром до 1 500 мм и шириной до 710 мм) [7].

Таблица 3. Технические и экономические параметры модели 506

Параметр	Значение параметра
Максимальная высота конструкции, мм	1 600
Длина конструкции, мм	1 600
Ширина конструкции, мм	800
Максимальный диаметр колеса, мм	1 500
Максимальная ширина колеса, мм	700
Вес конструкции, кг	140
Стоимость, руб.	19 400

Как следует из приведенных данных, все клетки имеют примерно одинаковые размеры. Однако модель на рис. 5 отличается от остальных наличием пневматического оборудования для накачки с автоматикой отключения, простотой конструкции и, соответственно, стоимостью.

Анализ конструкции позволяет сделать вывод, что в основе клетки находится каркас из сваренных труб квадратного сечения. Образованные каркасом поверхности закрыты приваренными металлическими прутками. В торцевой поверхности сделана дверь с запором. В конструкции клетки на рис. 5 предусмотрены отверстия для крепления клетки к полу анкерными болтами.

Размеры клетки зависят от размеров колес, которые предполагается в ней накачивать. Поэтому были рассмотрены и проанализированы размеры колес пожарных автомобилей. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4. Размерность шин автомобилей подразделений гарнизона

№ п/п	Наименование техники	Маркировка колес	Диаметр/ширина профиля, мм
1	АЦ-3,2-40/2 (131)	9,00 R20	260-R508
2	АЦ-3,2-40/4 (43253)	11,00 R20	149/145
3	АЦ-3,0-40/2 (43206)	ИД – П284	1200/500-508
4	АЦ-3,0-40 (43206)	ИД – П284	1200/500-508
5	АКП-50 (6540)	11,00 R20	150/146
6	АСА-20 (4310)	И – П184	1220/400-533
7	АД-90-22 (3205)	8,25 R20	930/276
8	АБР-РОБОТ	R 21	425/85
9	Чайка – Сервис	R 19,5	245/70
10	УАЗ-31514	R 16	215/90-15С
11	УАЗ-3303	R 16	215/90-15С

Как следует из данных табл. 4, максимальный диаметр колеса – 1 220 мм, максимальная ширина колеса – 500 мм. Поэтому ширину бокового проема клетки выбираем 600 мм, а высоту и длину – 1 500 мм. Запас свободного пространства сделан для того, чтобы облегчить закатывание и выкатывание колеса из клетки.

Конструкция клетки выполняется из стальных труб квадратного сечения по ГОСТ 8639–82. Трубы соединяются сваркой. На образованный трубами каркас крепится сетка-рабица для защиты оператора от возможного разлета кусков шин при разрыве и от срыва стопорного кольца.

В одной из торцевых поверхностей выполняется дверца для закатывания и выкатывания колес. Поэтому верхняя и нижняя поверхности клетки выполняются таким образом, чтобы трубы располагались вдоль плоскости колеса при закатывании. Это облегчит процесс закатывания и выкатывания колеса.

На нижней поверхности клетки крепятся четыре колеса для обеспечения возможности перемещения клетки. На верхней поверхности выполнены четыре отверстия под анкерные болты, если возникнет необходимость крепления клетки к полу. В этом случае клеть переворачивается и крепится анкерными болтами. Запор на дверце имеет возможность работать в любом положении: при нахождении клетки на колесах и при закреплении клетки анкерными болтами к полу.

В настоящее время гарнизоны пожарной охраны не оборудованы такими приспособлениями для безопасного обслуживания шин пожарных автомобилей, но стоит отметить, что уже на всех дилерских станциях, которые обслуживают пожарную технику по гарантии, вышеперечисленные клетки помогают безопасно ремонтировать колеса.

Литература

1. Крымский В.В., Ильницкий С.В., Гайдукевич А.Е. Автоматизация учета, эксплуатации, испытаний и работы пожарной техники и пожарно-технического вооружения и оборудования // Аудит и финансовый анализ. 2020. № 1. С. 238–242. DOI 10.38097/AFA.2020.16.25.034.

2. Об утверждении инструкции по организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 1 окт. 2020 г. № 737. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. ГОСТ 5513–97. Шины пневматические для грузовых автомобилей, автоприцепов, автобусов и троллейбусов. Технические условия // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.05.2021).

4. Пожарная техника: учеб. / под ред. М.Д. Безбородько. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2004.

5. Степанов К.Н., Повзик Я.С., Рыбкин И.В. Справочник. М.: ЗАО «Спецтехника», 2003.

6. Крымский В.В., Родичев А.А. Экономия времени обращения капитала за счет более раннего освоения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 3 (11). С. 96–101.

7. Тербнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2012.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бычков Александр Владимирович – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Земсков Виталий Сергеевич – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Иванов Андрей Владимирович – препод. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Кириченко Алексей Викторович – адъюнкт отд. орг. науч. работы и подгот. науч.-пед. кадров Черноморского высш. воен.-мор. училища им. П.С. Нахимова (299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, д. 1 «А»);

Кузнецов Денис Александрович – зам. нач. учеб.-методич. центра СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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.;

Лукашина Ирина Евгеньевна – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Медведев Анатолий Юрьевич – препод. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Никитин Евгений Васильевич – проф. каф. устройства и живучести корабля фак-та (кораблевождения, ракетного вооружения надводных кораблей и подводных лодок) Черноморского высш. воен.-мор. училища им. П.С. Нахимова (299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, д. 1 «А»), д-р техн. наук, засл. деят. науки и техники Украины;

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Подгорный Дмитрий Юрьевич – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Подмарков Владимир Валентинович – доц. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Рогожкин Вадим Владимирович – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Самигуллин Гафур Халафович – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Семенов Александр Николаевич – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Сокольский Денис Александрович – студент ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Сошкин Павел Александрович – нач. каф. устр-ва и живучести корабля факультета (кораблевождения, ракетного вооружения надводных кораблей и подводных лодок) Черноморского высш. воен.-мор. училища им. П.С. Нахимова (299028, г. Севастополь, ул. Дыбенко, д. 1 «А»), канд. техн. наук;

Теняев Артём Николаевич – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Ткаченко Александр Юрьевич – студент ин-та заочн. и дистанц. обуч-я СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Шупнёв Дмитрий Сергеевич – зам. нач. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 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 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, а также осуществляет переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

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

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: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 3 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

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

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

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

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

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности НИИ: организационное и научно-методическое руководство судебными 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»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «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 «Техносферная безопасность» и «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: Алма-Ата (Республика Казахстан), Баку (Азербайджанская Республика), Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 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». Также 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 15 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, справочно-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. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они 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 фондов. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом в электронных каталогах и картотеках. Издания периодической печати 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 8 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 нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

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

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

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**: УДК (универсальная десятичная классификация); 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 тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

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

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт: URL: <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

Правила оформления списка литературы:

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка 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. Грѣждяну 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. 3503.

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.

Внимание 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

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

№ 4 (40) – 2021

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 28.12.2021. Формат 60×84_{1/8}
Усл.-печ. 7,75 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 98

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