

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 4 (36) – 2020

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 политических наук, кандидат исторических наук, доцент **Мусиенко Тамара Викторовна**, 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**, заместитель начальника 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 УрИ 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 Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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:

капитан внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, 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 **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения 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 педагогических наук, доцент **Подружкина Татьяна Александровна**, доцент кафедры 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

Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Постановка проблем управления при тушении пожаров в резервуарных парках.....	4
Медведев Д.В., Попивчак И.И. Автоматизация процесса оценки достоверности результатов количественного анализа риска на потенциально опасных объектах.....	8
Иванов А.Н., Иванов Д.С., Титов Р.Б. О возможности расширения функций систем оповещения и управления эвакуацией.....	15

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Модель процесса теплообмена капель воды в среде продуктов горения.....	19
Трубилко А.И. Физические основания регистрации переменных сигналов.....	25
Воробьева М.А., Крылов Д.А. Расчет и способы повышения предела огнестойкости несущих конструкций в условиях внутреннего пожара в зданиях спортивно-тренировочных учреждений.....	33

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Лабинский А.Ю. Возможности использования информационных технологий в учебном процессе.....	37
Воробьева М.А., Крылов Д.А. Оценка предела огнестойкости несущих конструкций в условиях внутреннего пожара на примере спортивного комплекса «Молочное».....	44
Коваленко В.С., Троянов О.М. Динамика лесных пожаров и противопожарная защита лесов в Республике Тыва.....	47
Поляков А.С., Коржова Е.А. К вопросу о сертификации автоматических установок порошкового пожаротушения.....	53

Сведения об авторах.....	60
Информационная справка.....	61
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты).....	66

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, 2020

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 614.842

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

Г.Х. Самигуллин, доктор технических наук, доцент;

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

Д.Э. Тепляков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена проблеме тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках, необходимости использования стационарных роботизированных средств. Рассмотрены вопросы возникновения проблем затяжных пожаров, а также трудности тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках, воздействие теплового потока на личный состав при тушении резервуаров и резервуарных парков, а также рекомендуемое время работы и отдыха при тушении.

Ключевые слова: резервуарные парки, пожар, тепловой поток, охлаждение, ликвидация пожара

STATEMENT OF CONTROL PROBLEMS FOR FIRE EXTINGUISHING IN RESERVOIR PARKS

G.H. Samigullin; E.N. Kadochnikova; D.E. Teplyakov.

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

Article is devoted to the problem of extinguishing fires on tanks and tank farms, the need to use stationary robotic means; the article deals with the issues of the occurrence of problems of protracted fires, as well as the difficulties of extinguishing fires on tanks and tank farms; the impact of the heat flow on personnel when extinguishing tanks and tank farms, as well as the recommended work and rest time during extinguishing.

Keywords: tankfarms, fire, heatflow, cooling, firesuppression

Пожары в резервуарных парках можно рассмотреть, как схему причинно-следственных связей, которая показана на рис. 1.

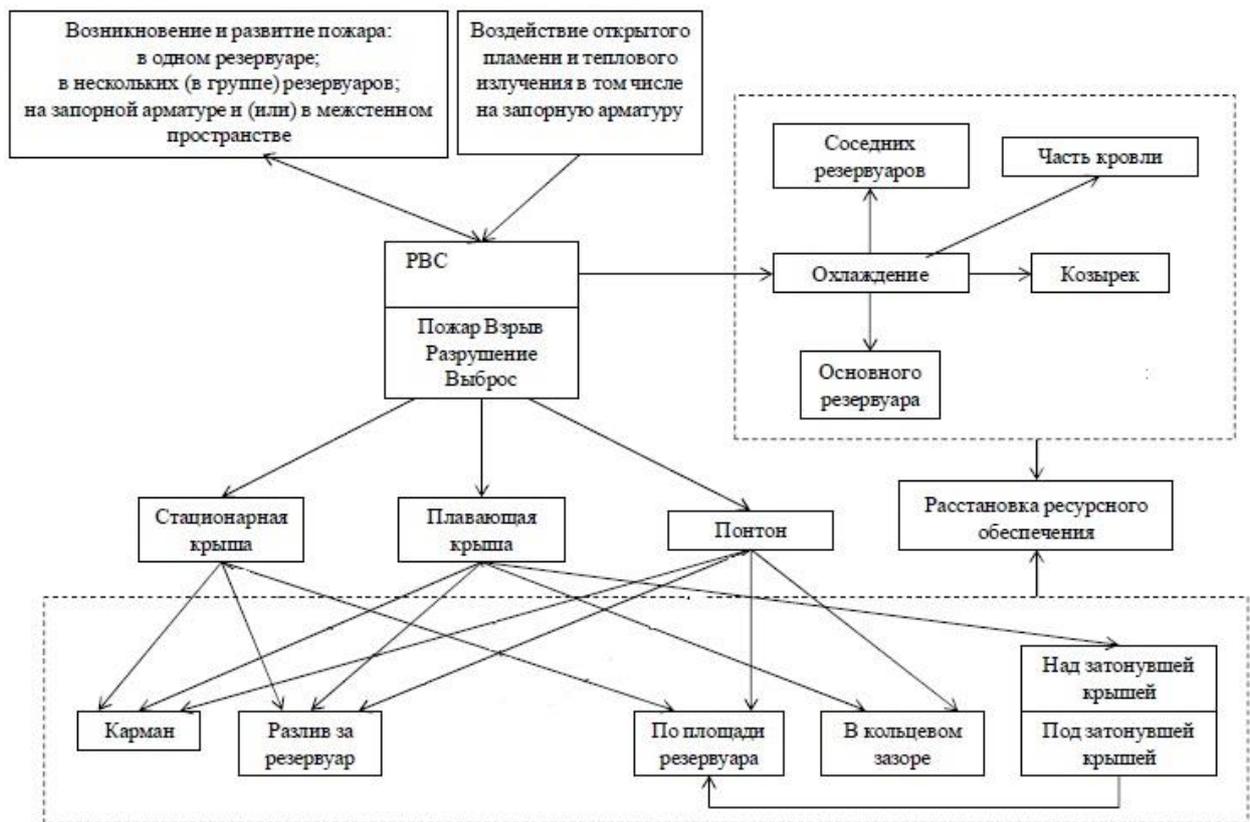


Рис. 1. Схема причинно-следственных связей развития пожара стальных вертикальных резервуарах (РВС)

Согласно действующим нормативным документам МЧС России, регламентирующим деятельность пожарных подразделений, пожаротушение в резервуарных парках возможно путем применения различных технических средств, которые позволяют эффективно воздействовать на пожар. Как показывает статистика и опыт тушения, в большинстве случаев существующие средства, предписанные нормативными источниками и документами, не в полной мере соответствуют решению насущных практических проблем для локализации очагов, поэтому имеется необходимость в их совершенствовании, а также в применении новых методов управления пожарными подразделениями при пожаротушении.

Действующая система пожаротушения указывает на то, что первоочередными действиями оперативных подразделений при горении РВС является охлаждение как горящих, так и сопряженных с ним объектов. По-видимому, вышеуказанное обуславливается очевидными причинами того, что большие значения высоты уровня подразумевают несомненную возможность сохранения огнестойких свойств элементов стальных резервуаров при интенсивном их обогреве.

Значительный объем числовых данных, накопленный в области пожаров в нефтехранилищах, обоснованно свидетельствует о явлениях, говорящих о том, что искажения геометрических форм и размеров верхней части цилиндрических обечаек резервуаров, которые бывают объаты пламенем, происходят вследствие позднего начала процедур теплосъема и охлаждения. Степень сопротивления негативному воздействию высоких температур безжидкостной зоны резервуара снижается пропорционально уровню хранимых горючих жидкостей. Время прогрева стенок РВС зависит от геометрических и физико-механических параметров конструкционных материалов стенок. Следовательно, временной промежуток опасного прогрева верхних и нижних поясов цилиндрических вертикальных стальных нефтяных резервуаров имеет разные показатели. При всем этом эффективное использование данной закономерности осуществляется при охлаждении РВС в начальной стадии. Однако при этом не учитывается, что для этого необходимо большое

количество личного состава. При термическом воздействии на негорящий РВС может быть потеряна прочность металлических несущих конструкций, а при нагреве до температуры самовоспламенения хранящегося нефтепродукта металлические детали могут сыграть роль источника зажигания горючей газозвушной смеси. Даже при незначительном перегреве сухой стенки может быть вызвана конвективная перестройка газовой среды в РВС, следовательно, увеличивается давление и концентрация насыщенных паров. Таким образом, соседний резервуар может перейти из пожаробезопасного состояния в опасное. Так, при анализе исследования пожара в резервуарном парке линейной производственно-диспетчерской станции (ЛПДС) «Конда», было выявлено, что в течение 29 мин. с момента возникновения пожара не было предпринято действий по тушению пожара. Однако действия пожарных подразделений соответствовали нормативным документам, силы и средства были введены на охлаждение резервуаров. Спустя 29 мин. произошел взрыв, который повлек за собой разлет фрагментов резервуара, отрыв корпуса от днища, разлив и горение нефтепродукта, гибель сотрудников МЧС России. Через 10,5 ч. произошел выброс нефтепродукта из резервуара № 5. Пожар на ЛПДС «Конда» развивался по принципу «Домино», то есть имел групповой характер. Частота групповых пожаров в резервуарных парках (имеется в виду динамическая устойчивость) составляет около $6 \cdot 10^{-5}$ в течение одного года, в среднем получается, что каждый восьмой пожар переходит в групповой. Последствия пожара имели катастрофический масштаб как с экономической, так и с экологической стороны, тушение пожара продолжалось около 43 ч., сгорело 19 000 т нефти, уничтожено 4 РВС, погибли 4 сотрудника МЧС России [1].

Значительные усилия разработчиков технических и организационных мер в области пожарной и промышленной безопасности, крупные материальные и временные затраты не снижают остроты проблемы в части предотвращения и тушения пожаров нефтяных резервуаров, возникновения чрезвычайных ситуаций, приводящих к значительным потерям материальных и социальных ресурсов.

Одной из глобальных проблем при пожарах в резервуарных парках является гибель и травмирование личного состава оперативных подразделений. По прибытию подразделений к месту вызова, пожарный и аварийно-спасательные автомобили согласно нормативным документам устанавливаются не ближе 120 м от места пожара, и первоочередным мероприятием является охлаждение резервуаров. Согласно руководству тушения пожаров в резервуарных парках, при возникновении пожара в резервуаре объемом более 5 000 куб. м необходимо использовать лафетные стволы или гидромониторы, для работы которых необходимо по две магистральные линии от пожарного автомобиля, проще говоря, личный состав будет заниматься установкой пожарных автомобилей на водоисточники и прокладкой магистральных линий [2]. Далее личному составу, работающему непосредственно на охлаждение РВС, необходимо работать в теплоотражательных костюмах тяжелого типа, что увеличивает вес снаряжения пожарного на 15–20 кг. На личный состав, направленный на охлаждение горящего и соседний РВС, воздействует тепловое излучение, границы которого можно условно выразить величиной 3,5 кВт на единицу площади. Данная интенсивность потока тепловой энергии, выраженная в общепринятых единицах, составляет условную граничную величину. Соответственно, для больших размеров резервуаров будет возрастать величина теплового потока, а значения температуры пламени будут интенсивно снижаться. При этом условная вероятность поражения человека тепловым излучением в определенной точке может быть оценена по следующему известному выражению [3]:

$$Q_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) \cdot dU,$$

где Pr – значение соответствующей пробит-функции.

Также при непосредственном омывании пламенем резервуара, стоящего рядом с горящим, тепловые нагрузки составляют около $60\text{--}80 \text{ кВт}\cdot\text{м}^{-2}$ и, естественно, такой пожар не так легко удержать и препятствовать его распространению. Соответственно приведенному выше выражению функции, можно констатировать, что личный состав не может долго находиться в зоне теплового воздействия, и требуется своевременная его замена, что увеличивает количество задействованного личного состава пожарных подразделений.

В литературе предлагается для бесперебойного пожаротушения разделить личный состав пожарно-спасательных гарнизонов, работающий в зоне интенсивного теплового излучения, на несколько групп с поочередной их заменой. Вводить пожарных в зону высоких температур сначала необходимо на 10–15 мин. После отдыха время работы в зоне теплового воздействия увеличивается согласно значений, представленных в табл. 1 [4].

Табл. 1. Рекомендуемое время отдыха в зависимости от продолжительности работы

Время непрерывной работы, мин	Время отдыха, мин
15	10
30	15
45	20
60	30
75	40
90	60

Личный состав, работающий непосредственно на охлаждение резервуаров в непосредственной близости от огня, охлаждает группа ствольщиков, которая дислоцируется дальше на длину подачи ствола, так называемая эшелонированная защита, при которой задействуется большое количество людей [5]. Далее производится подготовка специальных пожарных автомобилей к пенной атаке, подвоз пенообразователя и другие мероприятия по тушению пожара, определенные нормативными документами.

Анализ тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в резервуарных парках указывает на то, что на ликвидацию пожаров на таких объектах затрачивается от нескольких часов до нескольких суток и привлекается от 18 до 85 отделений на основных и специальных пожарных автомобилях, от которых подается от 8 до 25 ручных стволов, также если объем РВС свыше 5 000 куб. м, может быть подано от 3 до 12 лафетных стволов на охлаждение резервуаров [2].

Приведенные организационные и технические мероприятия, направленные на ликвидацию возгораний на объектах нефтехранилищ, приводят к тому, что длительность тушения возрастает, что, соответственно, приводит к возможному негативному развитию событий, таких как вскипание или выброс горючей жидкости, находящейся внутри резервуаров.

Все вышеуказанные мероприятия по тушению пожаров в резервуарных парках только увеличивают время тушения, а с увеличением времени тушения пожара возрастает и вероятность выброса или вскипания вещества, находящегося в резервуаре, в зависимости от его типа. В данном случае критическая продолжительность времени, после которого будет ожидать вероятный выброс нефтепродукта, может быть оценена по выражению вида [2]:

$$T = (H - h) * (W + u + V),$$

где T – продолжительность начального периода до вероятного явления выброса нефтепродуктов из резервуара, ч; H – первоначальное значение уровня горючей жидкости в резервуаре, м; h – толщина массива придонного водяного слоя, м; W – значение одномерной скорости изменения температуры в слое горючей жидкости, м/ч; u – значение темпа выгорания хранимой в резервуаре жидкости, м/ч; V – интенсивность убывания уровня горючей жидкости вследствие осуществления откачки, м/ч.

В международной науке и практике защита от выброса и вскипания стала проблемой № 1, причем «...по мнению американского журнала «LASTFIRE», в настоящее время есть только один надёжный способ предотвращения выброса – быстрое тушение пожара [6]. Интенсивная минимизация временного интервала, затрачиваемого на ликвидацию аварийного возгорания нефтепродукта, позволяет оптимальным образом сократить аккумуляцию теплоты в несущих и ограждающих конструкциях резервуаров, а так же в массиве внутренней горючей жидкости, что позволит сократить время тушения пожара. Наиболее целесообразно было бы вводить силы и средства оперативных подразделений не на охлаждение резервуаров, а сразу на тушение, тем самым ограничив пребывание личного состава в зоне воздействия лучистой энергии.

Данная проблема решается внедрением новшеств в комплекс использования стационарных роботизированных средств, а именно стационарных роботизированных лафетных стволов и технических средств для обнаружения пожаров.

Литература

1. Волков О.М. Версия «Домино» на пожаре группы РВС-20000 на линейной производственно-диспетчерской станции «Конда» // Научный интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2013. № 3 (49).

2. ГУГПС МВД России. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

4. Терехнев В.В., Артемьев Н.С., Подгрушный А.В. Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов. М.: Пожнаука, 2007. 324 с.

5. Андрюшкин А.Ю., Пелех М.Т., Кадочникова Е.Н. Исследование и разработка средств и методов, обеспечивающих снижение пожарной опасности нефтеперерабатывающего оборудования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 2. С. 75–82.

6. LASTFIRE Public Presentation. URL: <http://www.lastfire.org.uk/uploads/LASTFIRE/> (дата обращения 25.11.2020).

УДК 519.688+614.8

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКА НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

Д.В. Медведев;

И.И. Попивчак, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложен подход к оценке достоверности результатов количественного анализа пожарного риска на потенциально опасных объектах, в основе которого лежит система классификации с применением наивного байесовского классификатора. Проведена автоматизация данного метода на высокоуровневом языке программирования Python.

Ключевые слова: количественный анализ риска, наивный байесовский классификатор, база данных, достоверность, надежность

THE AUTOMATION OF THE PROCESS OF ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF THE RESULTS OF QUANTITATIVE RISK ANALYSIS AT THE POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

D.V. Medvedev; I.I. Popivchak.

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

This article proposes an approach to assessing the reliability of the results of a quantitative analysis of fire risk at potentially hazardous objects, which is based on a classification system using the naive bayesian classifier. The automation of this method is carried out in the high-level machine language Python.

Keywords: quantitative risk analysis, naive bayes classifier, database, reliability, trustworthiness

Анализ рисков является неотъемлемой частью как при проектировании, так и при эксплуатации объектов в различных областях деятельности. Пожарные риски являются важнейшей составляющей при анализе безопасности всего объекта. Для лица, принимающего управленческие решения, первостепенное значение имеет надежность и достоверность результатов, полученных на этапе количественного анализа рисков.

В настоящее время спектр методик, предлагающих варианты количественного анализа рисков, достаточно обширен, однако возникают трудности при оценке полученных результатов и ориентации к их практическому применению. Вопросы количественного анализа риска рассматриваются во многих работах как зарубежных, так и отечественных авторов [1–8].

В работе [9] было предложено проблему оценки достоверности результатов анализа количественного риска определить как задачу распознавания образов, основанную на опыте схожих явлений, то есть на имеющихся прецедентах. Данная проблема разрешается путем создания классификатора, позволяющего сформировать систему параметров, а также возможностей проведения количественного анализа риска для определения показателей их надежности и достоверности.

Задача решается путем построения наивного байесовского классификатора (НБК), в основе которого лежат данные, прошедшие обучение и соответствующие установленным требованиям. НБК позволит формализовать и сформировать количественную оценку достоверности, надежности количественного анализа рисков.

НБК – эффективный классификатор, который достаточно широко применяется для машинного обучения, например, для фильтрации спама в электронных почтовых ящиках. В основе классификатора лежит теорема Байеса с наивными альтернативами о независимости признаков. НБК строится согласно вероятностным моделям исследуемого объекта, для реализации которых наиболее часто используется метод максимального правдоподобия. Достоинством данного подхода является его обучаемость в процессе эксплуатации, эффективность при сравнительной простоте схожих методов классификации, а также небольшой объем требуемых исходных данных, используемых при обучении и получении оценки используемых параметров [10].

Исследуем данную методику при оценке достоверности пожарной безопасности количественного анализа риска согласно заявленной классификации. Обозначим достоверность количественного анализа риска как W и сделаем предположение о том, что W зависит от качества проводимого анализа риска. Разделим проводимые операции анализа риска на восемь подэтапов, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Этапы количественного анализа риска

Для достижения качества всего процесса количественного анализа должно выполняться требование достижения качества на каждом из представленных подэтапов.

Реализация классификатора проводилась на высокоуровневом языке программирования Python [11].

На начальном этапе необходимо было определить, какие модули будут использоваться для написания кода. Так как данные, поступающие на вход, было предложено кодировать в виде числовых дискретных значений, то для их обработки будет использован цикл, а сама функция будет возвращать значения в виде словаря, у которого ключом будут являться значения уровня достоверности (рис. 2).

```

File Edit Format Run Options Window Help
1 import math
2 def getwords(doc):
3     words=[s for s in doc]
4     return dict([(w,1) for w in words])
5 def sampletrain(pr):
6     pr.train((0,0,0,0,0), 'D0')
7     pr.train((1,1,1,1,1), 'D1')
8     pr.train((2,2,2,2,2), 'D2')
9     pr.train((0,1,0,1,0), 'D0')
10    pr.train((1,2,1,1,2), 'D1')
11    pr.train((0,2,2,1,2), 'D2')
12    pr.train((0,2,0,1,0), 'D0')
13    pr.train((1,2,2,1,2), 'D2')
14 class classifier:
15     def __init__(self, getfeatures, filename=None):
16         self.fc={}
17         self.cc={}
18         self.getfeatures=getfeatures
19     def setdb(self, dbfile):
20         import sqlite3
21         self.con=sqlite3.connect(dbfile)
22         self.con.execute('create table if not exists fc(feature,category,count)')
23         self.con.execute('create table if not exists cc(category,count)')
24     def incf(self, f, cat):
25         count=self.fc.get(f,0)
26         if count==0:
27             self.con.execute("insert into fc values ('%s','%s',1)"
28                             % (f,cat))
29         else:
30             self.con.execute(
31                 "update fc set count=%d where feature='%s' and category='%s'"
32                 % (count+1,f,cat))
33     def incc(self, cat):
34         count=self.cc.get(cat,0)
35         if count==0:
36             self.con.execute("insert into cc values ('%s',1)" % (cat))
37         else:
38             self.con.execute("update cc set count=%d where category='%s'"
39                             % (count+1,cat))
40

```

Рис. 2. Листинг (начало)

Одним из главных преимуществ строящегося классификатора является его обучаемость. Следующим этапом будет построение части кода, отвечающего за осуществление классификации входных данных. Для этого необходимо создать класс, который инкапсулирует в себя весь объем знаний, полученных за время работы. Такая структура позволяет создавать классификаторы для решения различных задач и различных групп пользователей благодаря такому свойству, как полиморфизм. Счетчики будут представлены в виде словарей, для которых в первом случае ключом будут являться значения, определенные правилами кодирования, а во втором – значения уровня достоверности (рис. 3).

```

41 def fcount(self, f, cat):
42     res=self.con.execute(
43         'select count from fc where feature="%s" and category="%s"'
44         % (f, cat)).fetchone( )
45     if res==None: return 0
46     else: return float(res[0])
47     print(res)
48 def catcount(self, cat):
49     res=self.con.execute('select count from cc where category="%s"'
50         % (cat)).fetchone( )
51     if res==None: return 0
52     else: return float(res[0])
53
54     print("Количество видов классификации", res)
55 def totalcount(self):
56     res=self.con.execute('select sum(count) from cc').fetchone( );
57     if res==None: return 0
58     return res[0]
59
60 def categories(self):
61     cur=self.con.execute('select category from cc');
62     return [d[0] for d in cur]
63
64 def train(self, item, cat):
65     features=self.getfeatures(item)
66     for f in features:
67         self.incf(f, cat)
68     self.incc(cat)
69     self.con.commit( )
70
71 def fprob(self, f, cat):
72     if self.catcount(cat)==0: return 0
73     return self.fcount(f, cat)/self.catcount(cat)
74 def weightedprob(self, f, cat, prf, weight=1.0, ap=0.5):
75     basicprob=prf(f, cat)
76     totals=sum([self.fcount(f, c) for c in self.categories( )])
77     bp=((weight*ap)+(totals*basicprob))/((weight+totals)*ap)
78     return bp

```

Рис. 3. Листинг (продолжение)

Созданные счетчики являются индикаторами, сигнализирующими, каким образом был идентифицирован объект. Следующим этапом является преобразование получаемых чисел в соответствующие вероятности. В данной задаче необходимо вычислить вероятность принадлежности объекта к определенной категории классификации. Необходимо использовать подход, позволяющий избежать проблемы появления нулевых вероятностей, поэтому вводится предполагаемая вероятность для объектов, информации о которых нет среди обучающих данных.

Для реализации НБК требуется вычислить вероятность образцов в данной классификации. Так как было сделано предположение о том, что вероятности независимы, то возможно их перемножить. Таким образом, отнесение образца к определенной категории определяется перемножением вероятностей, входящих в него признаков.

Заключительным этапом реализации НБК является определение категории, к которой относится классифицируемый объект. Зачастую категории могут не являться равновероятными, так как априорная информация вносит коррективы в распределение вероятностей [12].

Метод «setthreshold» позволяет искусственно вносить коррективы в распределение вероятностей при помощи задания пороговых значений для каждой категории [13]. Классифицируемый образец будет принадлежать определенной категории, если ее вероятность принадлежности будет на заданную величину больше вероятности принадлежности любой из других категорий (рис. 4). Данная величина будет являться порогом.

```
79 class naivebayes(classifier):
80     def __init__(self,getfeatures):
81         classifier.__init__(self,getfeatures)
82         self.thresholds={}
83     def setthreshold(self,cat,t):
84         self.thresholds[cat]=t
85     def getthreshold(self,cat):
86         if cat not in self.thresholds: return 1.0
87         return self.thresholds[cat]
88     def classify(self,item,default=None):
89         probs={}
90         max=0.0
91         best=default
92         for cat in self.categories( ):
93             probs[cat]=self.prob(item,cat)
94             if probs[cat]>max:
95                 max=probs[cat]
96                 best=cat
97
98         for cat in probs:
99             if cat==best: continue
100            if probs[cat]*self.getthreshold(best)>probs[best]: return default
101         return best
102     def docprob(self,item,cat):
103         features=self.getfeatures(item)
104         p=1
105         for f in features: p*=self.weightedprob(f,cat,self.fprob)
106         return p
107
108     def prob(self,item,cat):
109         catprob=self.catcount(cat)/self.totalcount( )
110         docprob=self.docprob(item,cat)
111         return docprob*catprob
112 |
113
114 if __name__=="__main__":
115     print("Модуль был запущен напрямую")
116     input("Press Enter")
117
```

Рис. 4. Листинг (окончание)

Обучение и классификация не производятся в один интерактивный сеанс, поэтому для сохранения результатов и их последующего восстановления было бы удобно использовать соответствующую базу данных (БД) (рис. 5). В работе была использована система управления БД SQLite. При большом количестве пользователей, работающих с классификатором, рациональным шагом является создание счетчиков в БД [13].

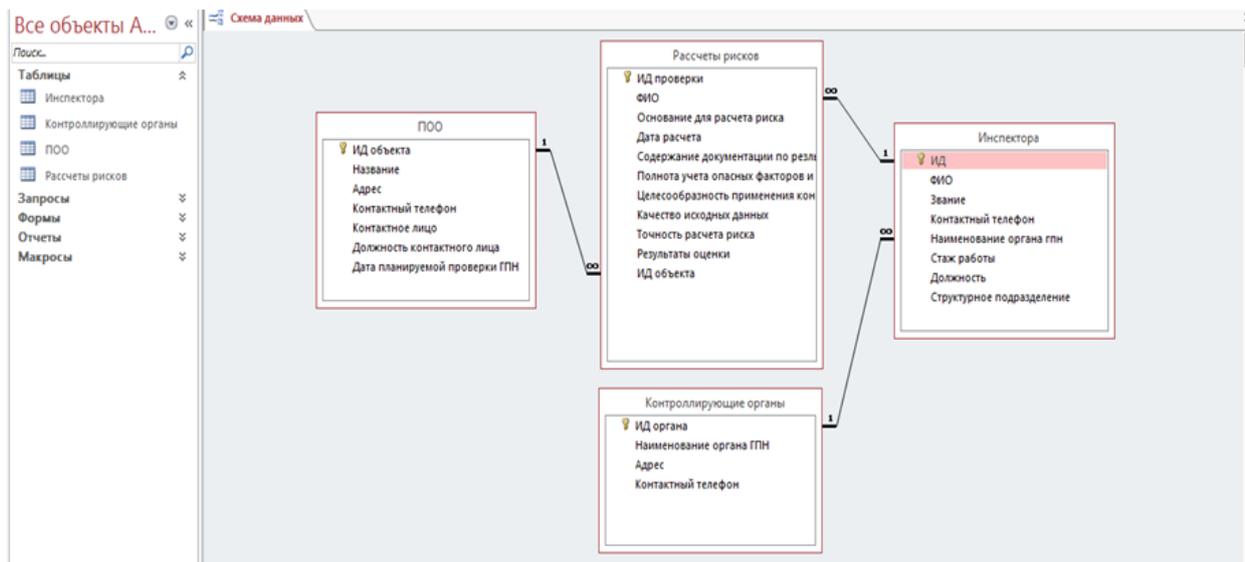


Рис. 5. Схема данных БД в Microsoft Office Access 2013

В разработанном коде объектом сохранения данных выступают словари, для использования БД необходимо преобразовать часть методов, отвечающих за выполнение функций работы со словарями (в листинге приведены конечные методы для работы с БД).

Результаты тестирования сохраняются в файл *Test1.bd*, то есть его чтение и редактирование возможно производить при помощи систем управления БД (рис. 6).

```

Python 3.8.5 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.8.5 (tags/v3.8.5:580fbb0, Jul 20 2020, 15:43:08) [MSC v.1926 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
===== RESTART: C:\Users\Дима\Desktop\python\module.py =====
Модуль был запущен напрямую
Press Enter
>>> import module
>>> import importlib
>>> importlib.reload(module)
<module 'module' from 'C:\Users\Дима\Desktop\python\module.py'>
>>> Test=module.naivebayes(module.getwords)
>>> Test.setdb('Test1.bd')
>>> module.sampletrain(Test)
>>> Test.classify((0,0,0,0,0))
'D0'
>>> Test.classify((1,1,1,1,1))
'D1'
>>> Test.classify((2,2,2,2,2))
'D2'
>>> Test.classify((0,0,0,1,1))
'D0'
>>> Test.classify((1,1,2,2,1))
'D1'
>>> Test.classify((1,1,0,0,0))
'D0'
>>>

```

Рис. 6. Результаты тестирования НБК

Практическая реализации методики оценки достоверности количественного анализа риска на потенциально опасных объектах при использовании НБК на языке программирования Python позволила автоматизировать процесс анализа, что сокращает время и исключает ошибки, связанные с влиянием человеческого фактора. Точность работы программы определяется полнотой и качеством априорной информации, используемой в качестве тренировочных данных, а также коррективами, вносимыми в значение веса показателей и пороговых значений.

Проведенная работа может быть дополнена априорными данными для использования не только при решении задачи оценки надежности и достоверности количественного анализа пожарного риска. Кроме того, может быть автоматизирована схема сбора исходных данных. В дальнейшем планируется создание графического интерфейса и разработка программной документации для усовершенствования процесса взаимодействия пользователя с программным обеспечением.

Литература

1. Лесных В.В., Алексеева В.А., Литвин Ю.В. Современное состояние проблемы анализа организационных рисков: терминология, классификация, методы качественной и количественной оценки // Управление риском. 2015. № 1 (73). С. 14–25.
2. Основные принципы оценивания и нормирования приемлемого техногенного риска / И.Л. Можаяев [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 8. С. 45–50.
3. Матвеев А.В. Оценка и управление риском: учеб. пособие. СПб.: Стратегия будущего, 2010. 279 с.
4. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // European Journal of Operational Research. Vol. 253. Issue 1. pp. 1–13.
5. Heide B., Aven T. Reliability and validity of risk analysis // Reliability Engineering and System Safety. 2009. Vol. 94. P. 1862–1868.
6. Максимов А.В., Матвеев А.В. Теоретические основы моделирования безопасности социально-экономических систем // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2014. № 4 (12). С. 46–53.
7. Белов П.Г. Стратегическое планирование развития и обеспечения национальной безопасности России: прогнозирование и снижение риска чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1 (9). С. 47–58.
8. Метод оценки достоверности количественного анализа риска на объектах нефтегазовой отрасли / А.В. Матвеев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 1. С. 35–49.
9. Матвеев А.В. Организационные и методические аспекты обеспечения безопасности потенциально опасных объектов. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 144 с.
10. Гулин В.В. Сравнительный анализ методов классификации текстовых документов // Вестник Московского энергетического института. 2011. № 6. С. 100–108.
11. Дронов В.А., Прохоренок Н.В. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений. 2-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2019.
12. Можаяев А.С., Демидов Ю. Алгоритмические основы технологии структурно-логического моделирования в задачах системного анализа надежности, безопасности и риска // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: труды междунар. науч. школы, 2002. СПб.: Бизнес-пресса, 2002.
13. Саммерфилд М. Программирование на Python 3. Подробное руководство. М.: Символ-Плюс, 2009.

УДК 614.84

О ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ ФУНКЦИЙ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ

А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент;

Д.С. Иванов;

Р.Б. Титов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается необходимость и возможность расширения функций технических систем оповещения людей о пожаре с целью более безопасной их эвакуации. Обоснована необходимость внедрения программно-аппаратного комплекса для оповещения сотрудников и клиентов путем вывода указаний по эвакуации на экраны компьютеров и смартфонов через локальную сеть объекта.

Ключевые слова: система оповещения и управления эвакуацией, персональное оповещение, динамические указатели направления движения

ON THE POSSIBILITY OF EXPANDING THE FUNCTIONS OF WARNING SYSTEMS AND EVACUATION MANAGEMENT

A.N. Ivanov; D.S. Ivanov; R.B. Titov.

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

The article discusses the need for and the possibility of expanding the functions of technical systems for warning people about a fire in order to more safely evacuate them. The necessity of introducing a software and hardware complex for notifying employees and customers by displaying evacuation instructions on the screens of computers and smartphones through the local network of the facility is substantiated.

Keywords: warning and evacuation control system, personal notification, dynamic direction indicators

Большое количество пожаров с гибелью людей в местах их массового пребывания продолжает оставлять актуальной тему обеспечения своевременного оповещения о пожаре, а также четкого и грамотного руководства организацией эвакуации людей из помещений.

При этом основной задачей является как можно более раннее обнаружение загорания и уменьшение времени между обнаружением загорания и информированием людей о начале эвакуации.

Основные требования к организации оповещения и управления эвакуацией установлены нормативными документами [1, 2], которыми предусмотрено наличие пяти типов систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

В зависимости от способа оповещения, деления здания на зоны оповещения и других характеристик, устанавливаются пять типов СОУЭ. Между собой они отличаются технической насыщенностью и алгоритмом работы.

Определение необходимого типа СОУЭ производится в соответствии с нормативными документами в зависимости от функционального назначения здания, этажности и количества людей, которые могут там находиться.

Функционирование небольших и средних объектов регламентируется нормами пожарной безопасности и установкой СОУЭ 1-го и 2-го типа. На таких объектах оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре осуществляется путем подачи звуковых и световых сигналов во все помещения здания с постоянным или временным пребыванием людей.

Вместе с тем, на взгляд авторов, целесообразно для отдельных объектов, на которых может одновременно находиться большое количество людей различных возрастных групп и различной мобильности (в первую очередь – торгово-развлекательные центры), независимо от этажности предусматривать оборудование СОУЭ только 4–5 типов. Тем более что в соответствии с нормативными документами применение более высоких типов СОУЭ на защищаемых объектах допускается.

Это объясняется тем, что системы более высокого уровня имеют техническую возможность организации нескольких вариантов эвакуации людей из здания, в том числе и внесение корректив по направлениям движения в случае блокировки путей эвакуации как огнем, так и продуктами горения непосредственно в ходе эвакуации за счет применения динамических указателей.

Применение динамических указателей направления движения, к тому же выполненных с учетом большого количества ярких рекламных трансляций, является очень прогрессивным решением. Но на сегодняшний день пока нет четкого алгоритма обеспечения их функционирования. Они должны менять направление движения автоматически с учетом ситуации, складывающейся на данный момент на всем объекте. Только вот какими техническими решениями отслеживать эту ситуацию? Как обрабатывать информацию? На эти вопросы ответа пока нет.

Возлагать большие надежды на повсеместное внедрение систем видеонаблюдения не приходится, так как дежурный пожарного поста даже при наличии видеонаблюдения на объекте будет не в состоянии охватить всю территорию, чтобы вручную изменять содержание динамических указателей в соответствии со складывающейся на объекте обстановкой.

Таким образом, изложенные выше суждения подводят к необходимости персонального оповещения сотрудников, а также посетителей объектов. Соответственно, функции системы оповещения и управления эвакуацией должны быть расширены, тем более что возможности для этого на сегодняшний день имеются.

Для сотрудников объекта можно предусмотреть вывод дополнительного сообщения о возникновении пожара и другой пожароопасной ситуации на мониторы компьютеров, которые установлены практически на каждом рабочем месте.

Для посетителей объекта нужно предусматривать рассылку СМС-сообщений и вывода схемы оповещения на их смартфоны, которые при входе на территорию объекта должны быть подключены к объектовой сети Wi-Fi.

Информация о необходимости подключения смартфонов посетителей к сети объекта для обеспечения их безопасной эвакуации из здания в случае возникновения пожароопасной ситуации и порядке подключения должна быть размещена на входе. Кроме того, данная информация в качестве напоминания периодически должна передаваться на территорию через видеотрансляцию и систему речевого оповещения СОУЭ, смонтированную на объекте.

Для реализации данных мероприятий в Уральском институте ГПС МЧС России был разработан программный комплекс, зарегистрированный Федеральным институтом промышленной собственности в установленном законодательством Российской Федерации порядке. Имеется свидетельство о государственной регистрации [3].

Программный комплекс адаптивен и позволяет интегрировать его в сетевую систему объекта. Основным достоинством комплекса является то, что с учетом наличия на большинстве объектов хорошо отлаженной системы сетевого обеспечения, не потребуется вложения крупных финансовых средств.

Несмотря на то, что программный комплекс разработан ещё в 2012 г. [3–6], он, к сожалению, до сих пор не нашел своего применения на защищаемых объектах, что в значительной степени снижает реальные возможности организации безопасной эвакуации посетителей с территории объектов [7, 8].

Надеемся, что данная публикация привлечет внимание специалистов к такой возможности повышения безопасности при загораниях и пожарах на объектах с массовым пребыванием людей, и, безусловно, очень перспективная разработка, наконец, будет реализована на практике.

Еще одним элементом повышения устойчивости СОУЭ на пожаре, а, следовательно, и уровня безопасности людей, является более широкое использование в системах оповещения радиоканальных устройств.

Не секрет, что поддержание в рабочем состоянии проводных линий требует значительных усилий и финансовых затрат: необходимо периодически делать ревизию или производить замену до 10 % проводных линий, а также проверять все коммутации. Таких проблем у беспроводных устройств нет. Беспроводные каналы не подвержены возможным повреждениям в случае пожара. При использовании беспроводных устройств можно добиться экономии при монтаже и сократить время установки системы.

Если учесть, что система оповещения находится в отключенном состоянии и срабатывает только в случае возникновения пожароопасной ситуации, а также тестирования, то можно говорить и об экономичном использовании источников питания.

С начала активного внедрения беспроводных систем пожарной автоматики на российском рынке прошло уже более 10 лет, однако в системах оповещения и управления эвакуацией они еще не получили достаточно широкого применения.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 27 дек. 2018 г.) // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 07.10.2020).
2. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 07.10.2020).
3. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре – ПК («СОУЭ-ПК»): пат. Рос. Федерация / Шархун С.В.: свид. № 2012617518; правообладатель Шархун С.В.; заявка № 2012615195; дата поступления 22.06.2012 г.; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 20.08.2012 г.
4. СОУЭ – выбор оборудования и рекомендации при проектировании. URL: <https://os-info.ru/opoveschenie/soue-vybor-oborudovaniya-i-rekomendacii-pri-proektirovanii.html> (дата обращения: 07.10.2020).
5. Аюбов Э.Н. Совершенствование Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН) // Технологии гражданской безопасности. 2006. № 2.
6. Использование информационных систем оповещения и управления эвакуацией при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей / В.С. Артамонов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. № 12.
7. Шархун С.В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий // Пожаровзрывобезопасность. 2013. № 2.
8. Рекомендации по проектированию в общественных зданиях безопасных зон для маломобильных групп населения: метод. пособие. М.: Федер. центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве, 2016.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 536.11

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОБМЕНА КАПЕЛЬ ВОДЫ В СРЕДЕ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

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

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

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук

Сформулированы допущения, на которых основывается математическая модель процесса тепломассообмена каплей воды, перенесенных в зону горения. Система дифференциальных уравнений дополнена уравнением движения этой капли под действием конвективного потока. Выделены критериальные зависимости для вычисления величин коэффициентов тепло- и массоотдачи между каплями и продуктами горения. Сформирована модель процесса тепломассообмена, которая учитывает подвижность поверхности капли вследствие развития процессов конденсации и испарения. Представлены зависимости скорости движения капли и ее диаметра в восходящем потоке продуктов горения от расстояния до sprays ствола.

Ключевые слова: мелкораспыленная вода, капля воды, дисперсность потока, модель тепломассообмена, метод Шапиро-Хотона, эффект затенения, нестационарная теплопроводность, метод конечных разностей

WATER DROPS HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESS IN THE ENVIRONMENT OF COMBUSTION PRODUCTS

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

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

Basement assumptions of the mathematical model of moved to the combustion zone water drops heat and mass transfer process are formulated. The system of differential equations is supplemented by the equation of motion under the action of a convective flow. Criterion dependences for calculating the values of the heat and mass transfer coefficients between drops and combustion products are identified. The model of the heat and mass transfer process has been formed. This model takes into account mobility of the drops surface due to condensation and evaporation processes. The dependences of the drops speed and its diameter in the ascending flow of combustion products on the distance from a nozzle are presented.

Keywords: thin sprayed water, water drop, flow dispersion, heat and mass transfer model, Shapiro-Haughton method, shading effect, non-stationary heat conductivity, finite difference method

Анализ специализированных публикаций, например [1–3], дает основание полагать, что в сфере совершенствования технических средств пожаротушения предлагаются интересные технические решения по созданию приспособлений для подачи мелкодисперсного потока огнетушащей жидкости (например воды) в зону горения. Однако при этом возникают

проблемы учета эффекта выноса мелких капель конвективными потоками, влияния экранирующего эффекта ограждающих конструкций, сложности подачи такого потока на значительные расстояния и др.

Решение задачи нахождения оптимального уровня дисперсности потока огнетушащей жидкости, например воды, возможно путем создания модели процесса тепломассообмена капель с продуктами горения пожарной нагрузки и последующего ее исследования.

Математическая модель процесса тепломассообмена капель воды, перенесенных в зону горения пожарной нагрузки, базируется на принятии следующих допущений:

- капли воды могут быть источниками или стоками тепла, вещества и количества движения;

- процессы тепломассообмена считаются квазистационарными и описываются стационарными уравнениями гидрогазодинамики, исключения делаются для процесса теплопроводности внутри капли;

- процессы, протекающие на наружных поверхностях ограждающих конструкций, носят адиабатный характер, то есть не учитываются энергетические потери огнетушащего потока на трение и смешивание с продуктами горения образующегося пара;

- процессы нагревания и испарения воды в среде продуктов горения инвариантны к поверхности, то есть не учитывается реактивная сила отходящей от капли воды массы пара.

Математическая модель процесса тепломассообмена капель воды, перенесенных в зону горения пожарной нагрузки с учетом принятых предположений, базируется на совместном решении следующих дифференциальных уравнений:

$$dw = \frac{w}{\frac{w^2}{a^2} - 1} \cdot \left(\frac{df}{f} - \frac{dm_n}{m} - \frac{k-1}{a^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_k} dQ_i \right), \quad (1)$$

$$dT = \frac{T}{\frac{w^2}{a^2} - 1} \cdot \left[\frac{(k-1) \cdot \left(k \cdot \frac{w^2}{a^2} - 1 \right)}{a^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_k} dQ_i + X \right], \quad (2)$$

$$dP = \frac{P}{\frac{w^2}{a^2} - 1} \cdot \left[\frac{(k-1) \cdot k}{a^2} \cdot \frac{w^2}{a^2} \cdot \sum_{i=1}^{n_k} dQ_i + Y \right], \quad (3)$$

$$d\left(\frac{w}{a}\right) = \frac{w}{a} \cdot \left[\frac{dw}{w} - \frac{dT}{T} \right], \quad (4)$$

где w – скорость восходящего потока продуктов горения; f – площадь сечения потока продуктов горения; a – локальная скорость звука; m_n – масса пара в продуктах горения; k – постоянная адиабаты; dQ_i – элементарное количества тепла, отводимое от единицы массы продуктов горения к капле воды; T – текущее значение температуры продуктов горения; P – текущее значение абсолютного давления продуктов горения.

В уравнениях (2) и (3) промежуточные переменные X и Y описываются выражениями:

$$X = (k-1) \cdot \frac{w^2}{a^2} \cdot \frac{dm_n}{m} - (k-1) \cdot \frac{w^2}{a^2} \cdot \frac{df}{f},$$

$$Y = k \cdot \frac{w^2}{a^2} \cdot \frac{dm_n}{m} - k \cdot \frac{w^2}{a^2} \cdot \frac{df}{f}.$$

Для полноты описания процесса тепломассообмена между поверхностью капли воды и продуктами горения систему дифференциальных уравнений (1–4) необходимо дополнить уравнением движения этой капли под действием восходящего конвективного потока продуктов горения:

$$6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot S(\tau) \cdot (w - w_k) = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot S(\tau)^3 \cdot \rho \cdot \frac{dw_k}{dt},$$

где w_k – скорость движения капли воды; μ – коэффициент динамической вязкости продуктов горения; $S(\tau)$ – текущее значение радиуса капли воды; ρ – плотность воды.

Необходимо отметить, что подобный подход лежит в основе решения задач методом Шапиро-Хотона, однако при этом необходимо учесть эффект «затенения» восходящего потока продуктов горения каплями огнетушащего потока [4]. Это можно объяснить тем, что по мере испарения капель воды происходит изменение эффективной площади поперечного сечения распыленного водяного потока. Величину степени затененности $f_{зам}$ можно определить как отношение суммарной площади поперечного сечения всех капель, образующих поток огнетушащей жидкости $f_{сум}$, к площади потока продуктов горения f . Так как с возрастанием расхода огнетушащей жидкости D_6 можно ожидать улучшение качества ее распыла, то диаметр капли d_k и коэффициент распыла A связаны уравнением $d_k = A/D_6$.

При численном исследовании процесса массообмена между каплями, образующими поток огнетушащей жидкости, и восходящим потоком продуктов горения шаг счета по пространству выбирался равным Δx и для данных термодинамических параметров пара, жидкой фазы и продуктов горения определялись характеристики образующейся газовой среды, совместно решая уравнения воздействия (1–4). Для уменьшения трудоемкости вычислительных операций предполагается, что капли огнетушащей жидкости имеют одинаковые размеры на момент их впрыска с продуктами горения [5].

Для вычисления величин коэффициентов тепло- и массоотдачи между сферическими каплями воды и продуктами горения применены критериальные зависимости:

$$Nu = 2 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33}, \quad (5)$$

$$Sh = 2 + 0,6 \cdot Re^{0,5} \cdot Sc^{0,33}. \quad (6)$$

В критериальных уравнениях (5) и (6) числа Нуссельта Nu , Шервуда Sh и Рейнольдса Re определены выражениями (7), (8) и (9) соответственно:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d_k}{\lambda}, \quad (7)$$

$$Sh = \frac{\beta \cdot d_{\kappa}}{D_n}, \quad (8)$$

$$Re = \frac{(w - w_{\kappa}) \cdot d_{\kappa}}{\nu}, \quad (9)$$

где α – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью капли воды и продуктами горения; λ – текущее значение коэффициента теплопроводности продуктов горения; β – коэффициент массообмена между поверхностью капли и образующейся газовой смеси; $\nu = \mu/\rho$ – коэффициент кинематической вязкости продуктов горения.

Величины чисел Прандтля Pr и Шмидта Sc определяются исходя из значения текущей температуры газовой смеси и пара соответственно.

Для определения текущего значения коэффициента диффузии паров воды в продуктах горения D_n в работе [6] приводится эмпирическое уравнение:

$$D_n = D_o \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{1,89} \cdot \frac{760}{P},$$

где $D_o = 0,0754 \text{ м}^2/\text{с}$ – значение коэффициента диффузии паров воды в продуктах горения для нормальной температуры $T = 273 \text{ К}$.

Количество тепловой энергии, которая была отведена от продуктов горения к i -й капле огнетушащего потока жидкости ΔQ_i складывается из конвективной составляющей ΔQ_{ki} , составляющей массопереноса ΔQ_{mi} и лучистой составляющей ΔQ_{li} :

$$\Delta Q_i = \Delta Q_{ki} + \Delta Q_{mi} + \Delta Q_{li}. \quad (10)$$

В уравнении (10) определение значения конвективной составляющей ΔQ_{ki} происходит с использованием закона Ньютона-Рихмана:

$$\Delta Q_{ki} = \alpha \cdot F_i \cdot (T - T_w) \cdot \Delta \tau,$$

где F_i – площадь наружной поверхности водяной капли; T_w – текущая температура на наружной поверхности водяной капли; $\Delta \tau$ – значение временного шага.

Для вычисления значения массы пара огнетушащего вещества Δm_n , поступавшего в восходящий поток продуктов горения в ходе конвективного массопереноса с наружной поверхности i -й капли огнетушащего потока жидкости, использовалась зависимость:

$$\Delta m_n = \beta \cdot F_i \cdot \frac{P_w - P_n}{R_n \cdot T} \cdot \Delta \tau,$$

где P_w – парциальное давление пара у поверхности капли; R_n – газовая постоянная водяного пара; P_n – парциальное давление паровой компоненты, образующейся в результате пожаротушения газовой смеси.

Корректный учет движущих сил процесса тепломассообмена между каплями огнетушащей струи и продуктами горения базируется на знании температурного перепада $T_w - T$ и перепада давлений $P_w - P_n$ непосредственно у поверхности водяной капли и достаточном удалении от нее. Модель процесса тепломассообмена учитывает подвижность наружной поверхности капли вследствие развития процессов конденсации пара и испарения воды, которые определяют температурное поле на этой границе и изменения содержания водяных паров в продуктах горения. Значение текущей температуры T_w на поверхности водяной капли, соответствующее ему давление насыщенного водяного пара P

устанавливается при определении подвижной границы раздела фазового состояния, которая изменяет свое положение по мере развития процесса фазового перехода. Для этого решалась задача нестационарной теплопроводности для тел шаровой формы в граничных условиях III рода. Соответствующее дифференциальное уравнение имеет вид:

$$c(T) \cdot \rho(T) \cdot \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{R^2} \cdot \frac{\partial}{\partial R} \left[R^2 \cdot \lambda(T) \cdot \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial R} \right]. \quad (11)$$

Для решения дифференциального уравнения (11) использовался метод подгонки [7], при этом были сформулированы следующие граничные условия:

$$0 < R < S(\tau); \quad \tau > 0; \quad T(R, 0) = T_o; \quad R \in [0, S(0)];$$

$$-\lambda(T) \cdot \frac{\partial T}{\partial R} \Big|_{R=S(\tau)} = \alpha \cdot (T - T_w) - \frac{r}{F_i} \cdot \frac{\partial m_n}{\partial \tau}; \quad \frac{\partial T}{\partial R} \Big|_{R=0} = 0.$$

Радиус водяной капли был разбит на 100 равных элементов, что позволило составить конечно-разностную версию дифференциального уравнения (11). Считая поток распыленной воды осесимметричным, задача движения водяных капель в среде продуктов горения решалась в одномерной постановке.

Численное тестирование предлагаемой модели процесса тепломассообмена между поверхностью капли воды, полученной в результате распыления пожарным стволом, и продуктами горения было осуществлено с использованием математического пакета MathCad версии 15.1. Условия окружающей среды предполагались близкими к нормальным, то есть атмосферное давление $P=101,3$ кПа; температура воздуха вне зоны горения $T_o=300$ К; температура продуктов горения $T=1000$ К. Значение относительного коэффициента распыла A выбирается исходя из начального диаметра капли $d_k=0,1$ мм при $B=0,1$ и расхода ствола $D_e=5$ л/с.

Зависимость скорости движения капель воды в восходящем потоке продуктов горения w от величины удаления относительно sprays створа L представлена на рис. 1 для различных диаметров капель огнетушащей жидкости.

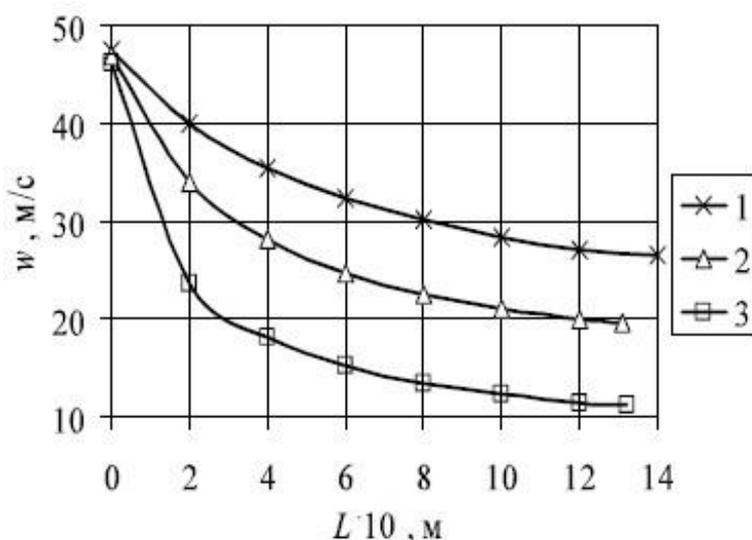


Рис. 1. Зависимость скорости капель воды от удаления до sprays створа:
1 – $d_k=1,5$ мм; 2 – $d_k=2,5$ мм; 3 – $d_k=3,5$ мм

Результаты численного моделирования показывают, что интенсивность падения скорости движения водяной капли в восходящем потоке продуктов горения зависит от ее начального диаметра.

Зависимость текущего диаметра капель воды в восходящем потоке продуктов горения w от величины удаления относительно spryska ствола L представлена на рис. 2.

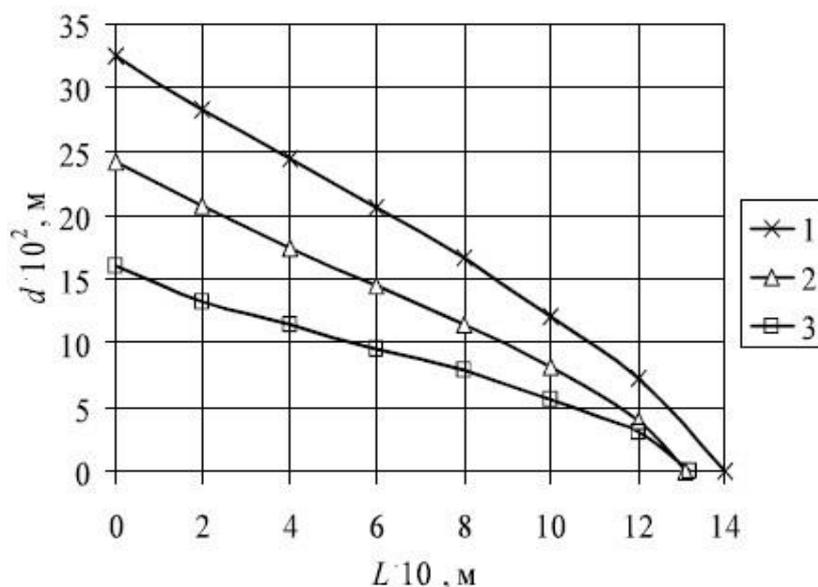


Рис. 2. Зависимость диаметра капель воды от удаления до spryska: 1 – $w=15 \text{ м/с}$; 2 – $w=25 \text{ м/с}$; 3 – $w=35 \text{ м/с}$

В ходе численного моделирования получены результаты, представленные на рис. 2, которые дают основание полагать, что по мере удаления капель воды от spryska в ходе воздействия продуктов горения разница в линейных размерах капель монотонно уменьшается.

В целом, результаты использования разработанной модели процесса теплообмена капель воды в среде продуктов горения хорошо коррелируются с экспериментальными данными, приведенными в работе [8].

Литература

1. Дымов С.М., Цариченко С.Г., Лотоцкий Н.А. Перспективы использования мелкораспыленной воды при тушении пожаров // Пожарная безопасность: история, состояние, перспективы: матер. XIV Всерос. науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 1997 с.
2. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 2004. 416 с.
3. Томас Г.О. Применение, механизмы и эффективность использования распыленной воды для взрывозащиты объектов большого объема // Пожаровзрывозащита веществ и взрывозащита объектов: междунар. семинар. М.: ВНИИПО, 1995.
4. Русак А.М., Цирельман Н.М. Теплообмен капель жидкости с горящим твердотопливным зарядом // Вопросы теории и расчета рабочих процессов тепловых двигателей: межвуз. научн. сб. Уфа: изд-во УГАТУ, 2002. С. 184–188.
5. Эммонс Г. Основы газовой динамики. Т. 1. М.: ИИЛ, 1963. 702 с.
6. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Высшая школа, 1971.
7. Цирельман Н.М. Прямые и обратные задачи теплообмена. М.: Энергоатом издат, 2005. 392 с.
8. Кустов М.В., Калугин В.Д. Влияние дисперсности эмульсии на эффективность тушения пожаров // Проблемы пожарной безопасности. ЧХ.; УГЗУ, 2007. Вып. 22. С. 100–102.

УДК 53.37

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ РЕГИСТРАЦИИ ПЕРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ

**А.И. Трубилко, кандидат физико-математических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Введены физические понятия, используемых для регистрации переменных во времени сигналов. Последние могут служить в том числе и источниками опасности различных технических устройств.

Ключевые слова: регистрация сигналов, переменные во времени сигналы

BASICS PHYSICAL PRINCIPLES OF REGISTRATION OF SIGNALS VARIABLES IN TIME

A.I. Trubilko. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The physical concepts of registration of signals variables in time are introduced by using the basis of the simple considerations. These signals can be the sources of danger of various technical devices.

Keywords: registration of signals, signals variables in time

Требования к уровню подготовки современных специалистов инженерного профиля, в том числе и инженеров пожарной безопасности, вынуждают по-новому взглянуть на весь курс подготовки будущего специалиста. Действительно, возрастающая роль дисциплин естественно-научного цикла в фундаментальной подготовке специалиста продиктована современным развитием практически всех сфер деятельности. Так, информатизация общества в целом и его компьютеризация, применение микроэлектроники на бытовом и промышленном уровнях, безусловно, выводят физическое образование для нового поколения на существенно иной уровень.

Особенно важным обстоятельством здесь является возможность демонстрации проявления явлений и законов физического мира в обычных условиях, в том числе и в возможности их применения для обеспечения безопасности жизнедеятельности. Последняя, как известно, обеспечивается соблюдением объективных законов природы. Этот тезис последовательно неизменно развивается в уже достаточно большом числе работ [1–6], где показана роль объективных законов природы для обеспечения безопасности в разных аспектах человеческой деятельности. Кроме того, в данных работах авторы стремятся обратить внимание на те физические явления, которые не нашли широкого отражения или просто умалчиваются в обычных учебниках общего курса, или имеют свою привлекательную изюминку именно в аспектах обеспечения безопасности.

В этой работе автор хочет обсудить физические основы, используемые при регистрации переменных во времени сигналов. Данный раздел теории измерений физических величин не находит отражения в учебниках по общему курсу физики. Вместе с тем, анализ таких сигналов затрагивает практически все сферы человеческой жизнедеятельности, поскольку никакие современные механизмы, и даже детские игрушки, уже невозможно представить без серьезной электронной начинки, как и общие технические элементы быденной жизни – от мобильных телефонов до суперсовременных компьютерных систем. Поскольку все устройства в той или иной мере могут являться источниками опасности, представляется важным рассмотреть основы регистрации переменных во времени сигналов. На основе простой модели автор рассматривает такие важные физические понятия,

как полоса пропускания системы регистрации, временная развертка сигнала и временное разрешение системы.

С точки зрения автора, это чрезвычайно важные понятия, вводимые простым способом, необходимые для углубления понимания при изучении процессов и явлений, демонстрирующих собственную динамику изменения системы во времени.

Большое количество технических устройств во многих областях деятельности человека регистрируют различные процессы, которые обычно демонстрируют осцилляционное поведение. Возникает вполне закономерный вопрос – посредством каких устройств и каким образом можно зарегистрировать такое поведение. Согласно теореме Фурье любой повторяющийся процесс можно рассматривать как сумму простых гармонических колебаний с разными амплитудами, частотами и фазами. Строго говоря, эта сумма содержит бесконечное число слагаемых. Отсюда следует, что любая система, с помощью которой регистрируется переменный во времени процесс, должна хорошо регистрировать гармонические колебания в очень широком диапазоне частот. Этот интервал частот называется полосой пропускания системы регистрации. По-видимому, в природе не существует систем, которые одинаково хорошо реагируют на все частоты. Поэтому с неизбежностью любая регистрирующая система вносит искажения в исходный периодический процесс, иначе сигнал на выходе системы всегда отличается от входного. Хорошая регистрирующая система вносит в измеряемый сигнал минимальные искажения.

Для понимания принципа регистрации переменных процессов рассмотрим ее на примере регистрации гармонических колебаний. Запишем уравнение гармонических колебаний смещения $y(t)$ некоторой физической величины:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \omega_0^2 y = 0.$$

В уравнении содержатся две переменных – время и смещение. Очевидно, что форма сигнала меняется со временем. Принцип регистрации формы переменного сигнала можно понять из следующего простого примера.

Выберем обычный математический маятник (рис. 1), в нижней части которого находится чернильница, пусть из нее непрерывно вытекают чернила. На горизонтальной поверхности находится бумажная лента, которая может двигаться в горизонтальном направлении. Маятник совершает колебания в направлении, перпендикулярном направлению движения ленты. Если лента покоится, а маятник совершает колебания, то на ленте видно вертикальную полоску. Теперь приведем ленту в движение с постоянной скоростью в указанном направлении. Постоянство скорости движения ленты является для дальнейшего рассмотрения очень важным обстоятельством.

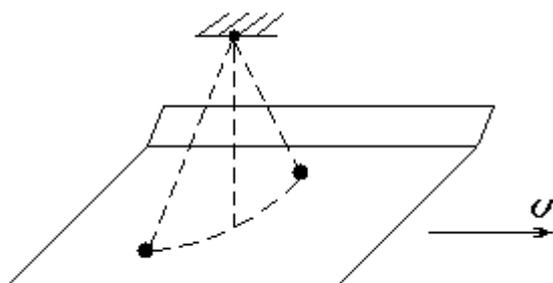


Рис. 1. Рассматриваемый эксперимент

Решение уравнения гармонических колебаний имеет следующий вид:

$$y = A \sin(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

а уравнение движения ленты

$$x = \nu t.$$

Зная скорость движения и координату x , осуществим развертку переменного сигнала во времени:

$$t = \frac{x}{\nu}.$$

Подставляя это выражение в формулу (1), получим уравнение траектории движения капель чернил:

$$y = A \sin\left(\omega \frac{x}{\nu} + \varphi_0\right).$$

Таким образом, удалось создать простейшее устройство, позволяющее наблюдать форму переменного сигнала. Эта процедура называется временной разверткой колебаний. Такой принцип наблюдения переменных процессов широко используется в работе огромного числа приборов, регистрирующих различные переменные процессы.

Другой важной характеристикой регистрирующей системы является ее способность быстро реагировать на изменение во времени входного сигнала. Эта характеристика называется временным разрешением. Для введения этого понятия рассмотрим наглядный пример. Возьмем тот же маятник, но с неисправной чернильницей. Из нее чернила капают с определенной периодичностью. Пусть капли падают с периодом, равным периоду колебаний маятника. Тогда на движущейся ленте будет видно набор точек, равноотстоящих друг от друга (рис. 2). Если увеличивать частоту падения капель, то картина будет меняться, приближаясь к истинной. При непрерывном истечении будет видно описанную выше картину.

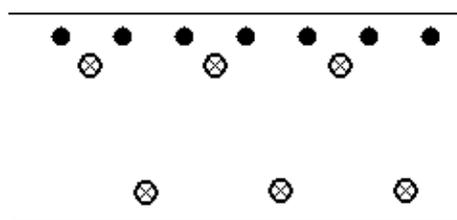


Рис. 2. Экспериментальные результаты

- — капли, падающие с периодом, равным периоду колебаний маятника;
- ⊗ — частота падений капель больше частоты колебаний маятника

Опыт показывает, что любая регистрирующая система вносит искажения, как в форму сигнала, так и в амплитуду. Связано это с тем, что любая система не может мгновенно реагировать на изменение сигнала во времени. Время, которое необходимо системе, чтобы откликнуться на эти изменения сигнала, и называется временным разрешением системы.

Пусть на входе системы сигнал имеет форму гармонических колебаний:

$$y = A \sin(\omega t). \quad (2)$$

Временное разрешение системы равно Δt . Как будет выглядеть сигнал на выходе системы? Сигнал на выходе определяется средним значением $\langle y \rangle$ за время разрешения Δt . Такое обстоятельство можно описать следующим образом:

$$\langle y \rangle = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} A \sin \omega t dt.$$

В результате интегрирования получаем итоговый результат в виде:

$$\langle y \rangle = A \frac{\sin z}{z} \sin \omega \left(t + \frac{\Delta t}{2} \right),$$

где $z = \frac{\omega \Delta t}{2}$. График функции $\frac{\sin z}{z}$ представлен на рис. 3.

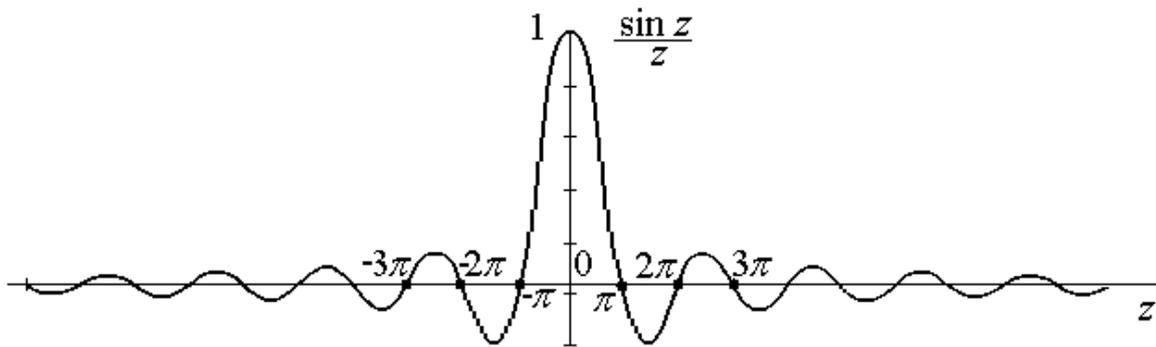


Рис. 3. График функции $\frac{\sin z}{z}$

Видно, что сигнал на выходе представляет собой синусоиду той же частоты, но амплитуда сигнала уже не равна амплитуде сигнала на входе. Для того чтобы искажения были минимальными, необходимо обеспечить малость параметра z : $z \ll 1$. Нетрудно показать, что в этом случае отношение $\frac{\sin z}{z} \approx 1$. Физический смысл этого неравенства состоит в том, что временное разрешение Δt системы должно быть много меньше периода колебаний регистрируемой системы: $\Delta t \ll \frac{T}{\pi}$. При выполнении обратного неравенства $z \gg 1$, то есть при плохом временном разрешении системы, отношение, как видно из рис. 3, $\frac{\sin z}{z} \rightarrow 0$, и регистрируемая амплитуда колебаний практически равна нулю.

Как хорошо известно, энергия гармонических колебаний пропорциональна квадрату их амплитуды: $E \propto A^2$. Это легко показать на примере пружинного маятника. Потенциальная энергия деформированной пружины, как хорошо известно, равна:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

Пусть смещение $x(t)$ определяется соотношением (2), что, несомненно, возможно при выполнении определенных начальных условий в задаче. Тогда, поскольку мгновенная скорость определена производной смещения, то полная энергия такого маятника равна:

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}m\omega_0^2 A^2, \quad (3)$$

где A – амплитуда колебаний.

Следовательно, в любой момент времени механическая энергия маятника остается неизменной во времени. В процессе колебаний происходит переход энергии из одного вида в другой.

Многие устройства регистрируют именно энергию колебаний. Поступая так же, как и в предыдущем примере, вычислим среднее значение величины $\langle x^2 \rangle$. Эта величина определится из соотношения:

$$\langle x^2 \rangle = \frac{A^2}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} \sin^2 \omega t dt.$$

Вычисления приводят к следующему результату:

$$\langle x^2 \rangle = \frac{A^2}{2} + \frac{A^2}{2} \cdot \frac{\sin \omega \Delta t}{\omega \Delta t} \cos(2\omega t + \omega \Delta t).$$

Сопоставим полученное соотношение с формулой (3), определяющей энергию гармонических колебаний на входе. При плохом временном разрешении регистрируется лишь постоянная составляющая энергии колебательного процесса. Это обстоятельство используется для измерения энергии электрического тока, потребляемой различными устройствами.

Может показаться, что эти результаты имеют узкоспециальное приложение. Однако это далеко не так. Действительно, любой реальный периодический процесс состоит из большого числа гармонических колебаний. Любая система не может передать все частоты с минимальными искажениями.

Приведем еще один важный пример. Очень часто можно слышать, что человеческий глаз воспринимает только 24 кадра в секунду. Далее следуют некоторые спекуляции по поводу роли 25-го кадра. Однако история происхождения рассуждений о 24-х кадрах весьма прозаична. Оказывается, что человеческий глаз, как регистрирующая система, обладает временным разрешением приблизительно 0,02 с. Это означает, что если характерное время изменения сигнала меньше этой величины, то глаз воспринимает этот сигнал как постоянный. Причина появления именно 24-х кадров чисто экономическая: при такой частоте человеческий глаз не испытывает дискомфорта, смотря фильм. Увеличение числа кадров привело бы к большим затратам без заметного улучшения качества изображения.

Рассмотрим теперь примеры прохождения синусоидальных электрических сигналов через простейшие входные устройства разнообразных электронных устройств. Так, на рис. 4 приведена схема входного устройства ряда систем, регистрирующих электрические колебания. Пусть входной сигнал имеет вид:

$$U_{ex} = U_0 \cos \omega t.$$

Вычислим величину выходного сигнала, который снимается с активного сопротивления.

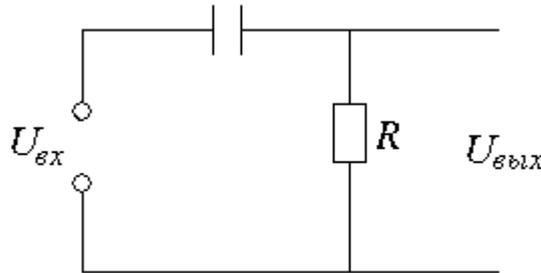


Рис. 4. Электрическая схема

Используя закон Кирхгофа, имеем следующее уравнение:

$$RC \frac{dU_{вых}}{dt} + U_{вых} = U_{ex}.$$

Решение этого уравнения при начальных условиях $U_{вых} = 0$ имеет вид:

$$U_{вых} = \frac{U_0 \cdot RC}{(1 + R^2 C^2 \omega^2)} \left(\frac{1}{RC} \cos \omega t + \omega \sin \omega t \right) - \frac{U_0}{(1 + R^2 C^2 \omega^2)} e^{-\frac{t}{RC}}.$$

Если рассматривать установившийся режим регистрации, то последним слагаемым можно пренебречь, и окончательно имеем:

$$U_{вых} = \frac{U_0}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \varphi), \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{RC \omega}.$$

Прежде всего, следует отметить, что данная схема практически не искажает формы синусоидального сигнала. В то же время амплитуда выходного сигнала становится меньше амплитуды входного сигнала. Следующим важным выводом является выявление зависимости амплитуды выходного сигнала от частоты входного сигнала. Последнее обстоятельство имеет большое практическое значение, поскольку приводит к искажению формы реальных периодических процессов, состоящих из суммы большого числа гармоник разной частоты.

Другой важный практический результат состоит в следующем. Для питания различных электрических приборов необходимо использовать постоянное напряжение. Для его получения используются выпрямители переменного напряжения. Для получения постоянного напряжения необходимого качества используют емкостные фильтры. Емкостной фильтр собирается по схеме, показанной на рис. 5. Цель его применения заключается в том, чтобы подавить возможные нестабильности входного напряжения. Нетрудно увидеть из предыдущего примера, что при наличии постоянной составляющей напряжения на выходе имеем:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_0}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}} \sin(\omega t + \varphi) + V,$$

где V – значение постоянного напряжения.

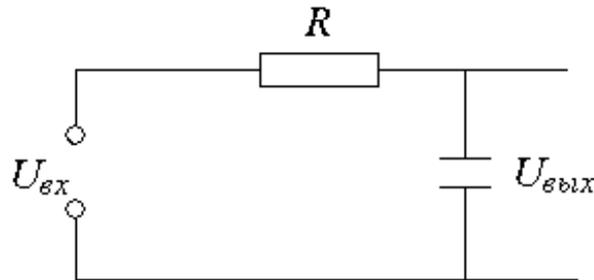


Рис. 5. Электрическая схема

Рассмотрим численный пример. Пусть на входе фильтра $\frac{U_{\text{вх}}}{V} = 0,1$. На выходе системы допустимая величина нестабильности напряжения составляет 1 %. Частота $\omega = 50 \cdot 2\pi \text{ c}^{-1}$. Простой расчет показывает, что этого можно добиться, если $RC \geq 10^{-2} \text{ c}$. Следовательно, подбирая соответствующие параметры схемы, можно существенно уменьшить величину нестабильных колебаний входного напряжения.

Теперь рассмотрим такую же схему, но выходное напряжение будем снимать с активного сопротивления. Входной сигнал имеет тот же вид, что и в предыдущем примере. Приведем полный расчет такой схемы. Согласно закона Кирхгофа имеем:

$$U_R + U_C = U_{\text{вх}} \text{ или } R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = U_{\text{вх}}.$$

Решение этого неоднородного дифференциального уравнения запишем в следующем виде:

$$q = \frac{U_0 \cdot C}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$U_{\text{вых}} = R \frac{dq}{dt} = U_0 \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \cos(\omega t + \varphi),$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{1}{\omega RC}.$$

Таким образом, видно, что если $\omega RC \gg 1$, амплитуда выходного напряжения практически не зависит от частоты и хорошо воспроизводит форму сигнала. В том случае, когда выполняется обратное неравенство, значение $\text{tg } \varphi \approx \infty$, а значит $\varphi \approx \pi/2$. В этом случае выходное напряжение равно:

$$U_{\text{вых}} \approx -RC \frac{dU_{\text{вх}}}{dt}.$$

Значит при $\omega RC \ll 1$ напряжение на активном сопротивлении пропорционально скорости изменения входного напряжения. Такое соединение называется *дифференцирующей цепочкой*.

Следует отметить, что в том случае, когда входной сигнал имеет синусоидальную форму, выходной сигнал также имеет форму синусоиды. Этим обстоятельством объясняется тот факт, что промышленное напряжение имеет синусоидальную форму. В процессе транспортировки электрической энергии форма напряжения не меняется. Однако реальный сигнал часто не имеет форму синусоиды. Поэтому, проходя через необходимые электрические устройства, форма сигнала меняется за счет зависимости амплитуды различных гармоник от частоты. Ярким примером является прохождение прямоугольного импульса через дифференцирующую цепочку. Возможные искажения формы сигнала показаны на рис. 6.

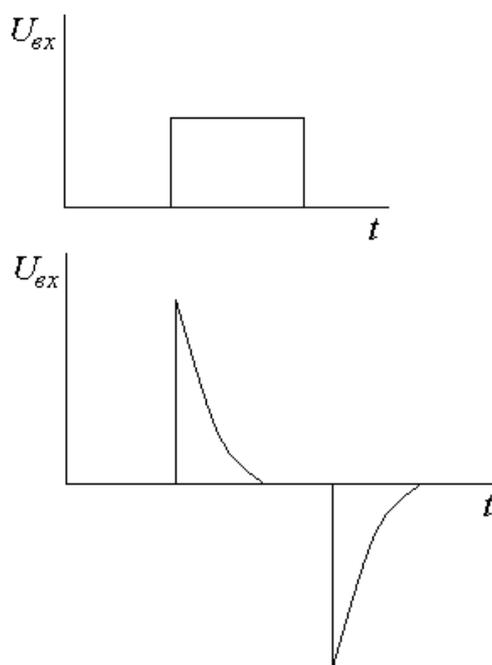


Рис. 6. Искажения формы входного прямоугольного импульса исследуемой системы

Итак, в этой статье на основе простейших моделей теории колебаний сделана попытка введения основных физических характеристик систем регистрации переменных во времени сигналов. Последние могут быть источником опасности при работе современных механизмов и различного рода оборудования в разных областях человеческой жизнедеятельности, поэтому понимание принципов и основ их наблюдения является, на взгляд автора, важным для формирования будущего инженера.

Литература

1. Трубилко А.И. Некоторые вопросы безопасности в простых задачах механики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2 (18). С. 47–59.

2. Трубилко А.И. Безопасность движения с точки зрения задач механики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3 (23). С. 34–46.

3. Трубилко А.И., Трубилко Л.А. Пожарная безопасность в некоторых задачах электростатики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 2 (26). С. 30–41.

4. Трубилко А.И., Трубилко Л.А. Простая модель короткого замыкания // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2019. № 3 (31). С. 10–19.

5. Трубилко А.И. Классическая модель атома и магнетизм в вопросах пожарно-технических экспертиз // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 1 (33). С. 38–48.

6. Трубилко А.И. Некоторые вопросы гидростатики и гидродинамики в вопросах безопасности жизнедеятельности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 2 (34). С. 26–36.

УДК: 699.812.3

РАСЧЕТ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВНУТРЕННЕГО ПОЖАРА В ЗДАНИЯХ СПОРТИВНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

М.А. Воробьева.

Главное управление МЧС России по Вологодской области.

Д.А. Крылов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности поведения стальных и железобетонных конструкций в условиях внутреннего пожара. Определены методы расчета предела огнестойкости несущих конструкций и способы ее повышения до нормативных значений.

Ключевые слова: предел огнестойкости, потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности, огнезащитное покрытие, огнезащитная краска

BEARING STRUCTURES FIRE RESISTANCE LIMIT CALCULATION AND METHODS OF INCREASING IN CASE OF INTERNAL FIRE IN THE BUILDINGS OF SPORTS AND TRAINING FACILITIES

M.A. Vorobieva. Main directorate of EMERCOM of Russia in Vologda Region.

D.A. Krylov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The features of the behavior of steel and reinforced concrete structures in an internal fire are considered. Methods for calculating the limit of fire resistance of load-bearing structures and ways of increasing it to standard values are determined.

Keywords: fire resistance limit, loss of bearing capacity, loss of integrity, loss of heat insulating ability, fire retardant coating, fire retardant paint

Здания спортивных комплексов относят к зданиям спортивно-тренировочных учреждений. По своему назначению они являются зданиями с массовым пребыванием людей и обладают повышенной пожарной опасностью. В связи с этим противопожарная защита таких объектов критически значима.

Как известно, пожарная опасность строительных конструкций определяет пожарную опасность здания или сооружения в целом. Поэтому при проектировании объектов, в том числе спортивно-тренировочных учреждений, руководствуются требованиями, предъявляемыми нормативными документами к огнестойкости строительных конструкций.

В целях обеспечения безопасной эвакуации людей, имущества и выполнения работ по тушению пожара необходимо проектировать здания спортивно-тренировочных учреждений, соблюдая необходимые требования к пределам огнестойкости несущих строительных конструкций и противопожарных преград.

В связи с массовым пребыванием людей на подобных объектах критическим показателем является показатель E – потеря целостности, так как заполнение путей эвакуации продуктами горения делает невозможным безопасное спасение людей.

Учитывая размещение посетителей спортивно-тренировочных учреждений на различных этажах, актуальным является наступление предельного состояния R – потери несущей способности [1, 2].

Предел огнестойкости строительной конструкции можно определить в ходе огневых испытаний или расчетным методом. Остановимся подробнее на втором, как наименее экономически затратном и быстром.

В общем случае для определения предела огнестойкости необходимо решить две задачи. Первая – это статическая задача по определению несущей способности строительной конструкции с учетом изменения прочностных свойств металла в условиях прогрева до высоких температур при пожаре.

Решение второй – теплотехнической задачи сводится к вычислению температурных полей внутри конструкции и определению времени достижения критического значения температуры для стальных элементов конструкции в условиях стационарного или нестационарного прогрева. В результате получаем значение фактического предела огнестойкости строительной конструкции, выраженное в минутах [3].

При расчете предела огнестойкости конструкции сложной конфигурации, учитывая перераспределение нагрузок, фактический предел огнестойкости принимают по минимальному времени достижения критического состояния хотя бы одного из стержневых элементов.

Предел огнестойкости таких конструкций, как плиты, балки и другие, в которых армирование работает на растяжение, определяют по времени достижения критического значения прочности стальной арматуры, обусловленного повышением температуры.

Предел огнестойкости сжатых элементов ферм, колонн и т.п. рассчитывают, исходя из условия потери прочности с учётом коэффициента продольного изгиба φ или снижения модуля упругости стали до критической величины (что приводит к недопустимому прогибу элемента) [4].

Как показывает практика, стальные конструкции обладают целым рядом достоинств, включая прочность, надежность конструкции, удобство обработки и монтажа. Однако они имеют существенный недостаток с точки зрения обеспечения пожарной безопасности, а именно низкий фактический предел огнестойкости, составляющий в среднем 15 мин. Это связано с высокими показателями теплопроводности и температуропроводности металла. В условиях стандартного режима пожара температура стальных строительных конструкций очень быстро достигает температуры окружающей среды, что приводит к быстрому снижению прочностных характеристик металла [5].

В связи с этим необходимо теплоизолировать поверхность стальных конструкций и защитить от прогрева стальную арматуру железобетонных изделий, выполняя комплекс технических огнезащитных мероприятий [6].

Рассмотрим основные способы повышения предела огнестойкости строительных конструкций:

1. Сухая защита.

Заключается в ограждении строительной конструкции негорючими материалами, выполняющими функцию теплоизолятора или экрана. К таким материалам относят плиты из минеральной ваты, вермикулита, стекломгнезита и др. Подходит для этих целей гипсовое оштукатуривание и устройство подвесных потолков. Широко применяют крупноформатные панели гипсокартона и гипсоволокнистые листы.

Сухая огнезащита может быть представлена гибкими рулонными материалами на основе базальтового волокна, особенно хорошо она работает в сочетании с экранированием металлической фольгой [7].

2. Влажная защита.

Представляет собой напыление минерального покрытия с негорючим вяжущим веществом. К таким покрытиям относят огнезащитные штукатурные составы, вспучивающиеся краски и классические способы – оштукатуривание, обкладка кирпичом и т.п. Основой защитного слоя является перлит или вермикулит, которые вспучиваются при нагревании, создавая надежную защиту от теплового воздействия за счет низкого коэффициента теплопроводности [8].

На рисунке представлена обобщенная схема, раскрывающая способы и особенности огнезащиты строительных конструкций, которые можно применять в том числе на объектах спортивно-тренировочных учреждений.

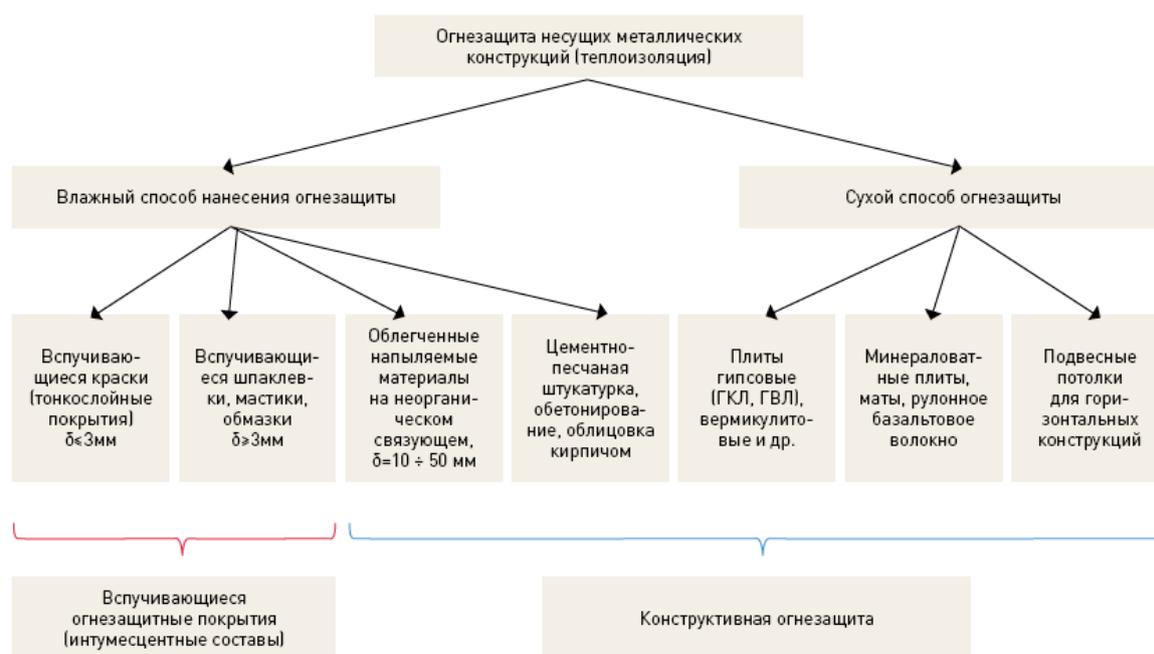


Рис. Схема огнезащиты металлических конструкций

Рассмотрим огнезащитные покрытия по способам их нанесения.

Окрашивание позволяет совместить декоративную и огнезащитную функцию. Основным связующим веществом в огнезащитных красках является калиевое стекло $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Вспучивающиеся краски содержат в своем составе компоненты при толщине слоя 1,5–2,5 мм, увеличивающиеся в объеме в процессе высокотемпературного воздействия в 20–25 раз. За счёт этого создается теплоизолирующий слой, препятствующий воздействию огня.

Оштукатуривание производится огнезащитными штукатурными составами толщиной 2–4 см. В штукатурные составы входит вяжущее, наполнитель, волокнистые и функциональные добавки. В огнезащитных штукатурках применяют волокнистые

наполнители: волокна каолиновой и базальтовой ваты, распущенный хризотил-асбест, стекловолокно. Введение волокнистых наполнителей обусловлено необходимостью армировать готовый раствор и создавать волокнистый каркас, что способствует сохранению целостности покрытия.

Обетонирование стальных колонн создает прочное покрытие от атмосферных воздействий и ударов. Проволочные хомуты или сетка обеспечивают сцепление бетона. Бетонирование выполняется в вертикальном положении с опалубкой, устанавливаемой до или после монтажа колонны или в горизонтальном положении – до монтажа [9].

Монтаж плитных материалов позволяет надежно защитить несущие конструкции от воздействия высоких температур, создавая теплоизолирующий или экранирующий слой.

Применение различных методов огнезащиты на объектах спортивно-тренировочных учреждений позволяет повысить фактический предел огнестойкости несущих строительных конструкций и противопожарных преград. Тем самым обеспечивают необходимое время для осуществления безопасной эвакуации посетителей и проведения работ по тушению возможного пожара.

Таким образом, в целях обеспечения пожарной безопасности спортивных комплексов необходимо осуществлять ряд дополнительных мероприятий по повышению предела огнестойкости и доведению его до нормативных значений. Для выбора типа и характеристик огнезащитных покрытий целесообразно применять известные методики расчета, позволяющие определить необходимую толщину огнезащитного слоя, выполненного из материалов с известными коэффициентами теплопроводности при стационарном и нестационарном режиме прогрева.

Литература

1. СП 2.13.130. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 27 дек. 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
3. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП 11-2-88). М.: Стройиздат, 1985. 56 с.
4. Тимофеева С.С., Малов В.В., Шелегов В.Г. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Практикум: методич. указания к вып. практ. работ. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2015. 143 с.
5. Мосалков И.В., Плюснина Г.Ф. Огнестойкость строительных конструкций. М.: ЗАО «Спецтехника». 2001. 495 с.
6. ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. М., 2009. 22 с.
7. Средства огнезащиты для стальных конструкций, актуальные вопросы при их применении, оценка технико-эксплуатационных характеристик // Огнепортал. Пожарная безопасность. URL: <https://ogneportal.ru/articles/fireproof/4052> (дата обращения: 12.11.2020).
8. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Ч. I: Строительные материалы, их пожарная опасность и поведение в условиях пожара: учебник / Б.С. Лимонов [и др.]. под общ. ред. Э.Н. Чижикова. 2-е изд. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2016. 186 с.
9. Огнезащита колонн обертыванием и облицовкой // ARYPLAN. URL: <http://www.arhplan.ru/components/column/fire-protection-columns-concreting-and-lining> (дата обращения: 12.11.2020).



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 004.37

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

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

Рассмотрены возможности информационных технологий по разработке программ-оболочек, служащих основой для создания электронных учебных курсов. Такие программы-оболочки могут быть созданы средствами систем визуального программирования, например, на алгоритмических языках C# и Delphi. Разработанные программы-оболочки могут осуществлять просмотр информации, имеющей формат, позволяющий размещать её в Интернет. Электронные учебные курсы в формате гипертекста позволяют использовать данные методические материалы, в том числе и в целях дистанционного обучения.

Ключевые слова: информационные технологии, научно-методическое обеспечение, системы визуального программирования, системы дистанционного образования, электронные учебные курсы

THE POSSIBILITY OF USE THE INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATION PROCESS

A. Yu. Labinskiy.

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

This article presents the possibility use the information technology in education process. The centre of attention use computing program for creation the electronic education courses. Electronic education courses presents the possibility use methodics materials with the purpose distance education.

Keywords: information technology, science-methodics environment, system of visual programming, system of distance education, electronic education courses

Введение

Информационные технологии могут использоваться для решения различных задач учебного процесса, в которых реализуются коммуникативные [1, 2], вычислительные [3, 4], графические [5, 6] и моделирующие [7, 8] возможности компьютера. В данной статье будет рассмотрено возможное решение двух задач – организация контроля текущей успеваемости и разработка учебных автоматизированных рабочих мест.

Тестовый контроль текущей успеваемости

Создание программ для ЭВМ, реализующих процесс контроля текущей успеваемости, может происходить с использованием различных языков программирования. Ограничимся

рассмотрением возможностей двух наиболее популярных языков программирования: Object Pascal (среда разработки Delphi) и C# (среда разработки Visual Studio).

В среде разработки программ Delphi была создана программа TestShell, позволяющая производить тестовый контроль текущей успеваемости. Окно анонса программы представлено на рис. 1.

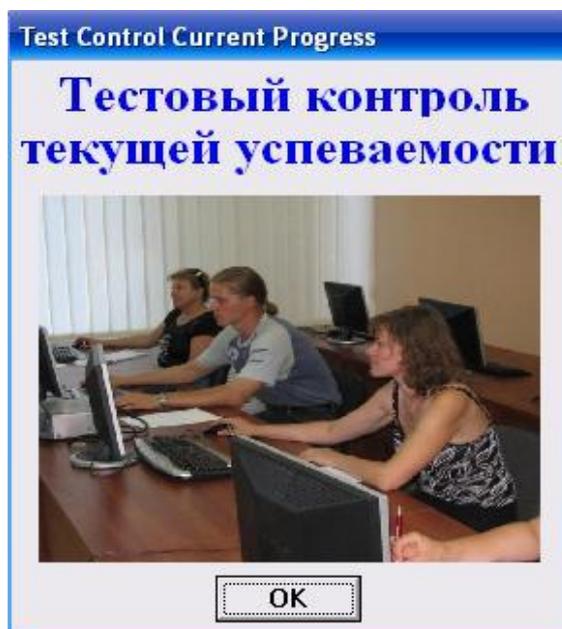


Рис. 1. Анонс программы TestShell

Окно программы TestShell представлено на рис. 2.



Рис. 2. Окно программы контроля текущей успеваемости TestShell

Программа TestShell позволяет производить контроль текущей успеваемости в виде теста по дисциплинам «Информатика», «Математика», «Информационная безопасность», «Программирование», «Математическое моделирование», «Информационные технологии в управлении» и «Информационные технологии в экономике».

Тесты по указанным дисциплинам написаны с использованием языка JavaScript. Текст теста шифруется с целью защиты от несанкционированного доступа. В процессе тестирования происходит автоматическая расшифровка текста.

Программы на языке программирования JavaScript не требуют компиляции. JavaScript работает в объектно-ориентированной архитектуре, позволяющей использовать конструкторы и наследование на базе прототипов, что способствует многократному использованию программного кода.

Окно программы TestShell с открытым меню выбора дисциплины представлено на рис. 3.



Рис. 3. Окно программы TestShell с открытым меню выбора дисциплины

Перед началом тестирования обучаемый должен пройти регистрацию (фамилия, инициалы, номер группы). Окно регистрации представлено на рис. 4.



Рис. 4. Окно регистрации обучаемого

Результаты тестирования записываются в протокол, окно которого представлено на рис. 5.



Рис. 5. Окно протокола тестирования

Тестирование начинается с выбора дисциплины в меню, в результате чего появляется окно теста соответствующей дисциплины. При нажатии кнопки «Начать тест» появляется первый вопрос и три возможных ответа. После выбора ответа появляется следующий вопрос и т.д. Тесты по всем дисциплинам содержат не менее 40 вопросов. Окно теста по дисциплине «Информатика» содержит 50 вопросов и представлено на рис. 6.



Рис. 6. Окно теста по дисциплине «Информатика»

Окно теста по информационной безопасности представлено на рис. 7.

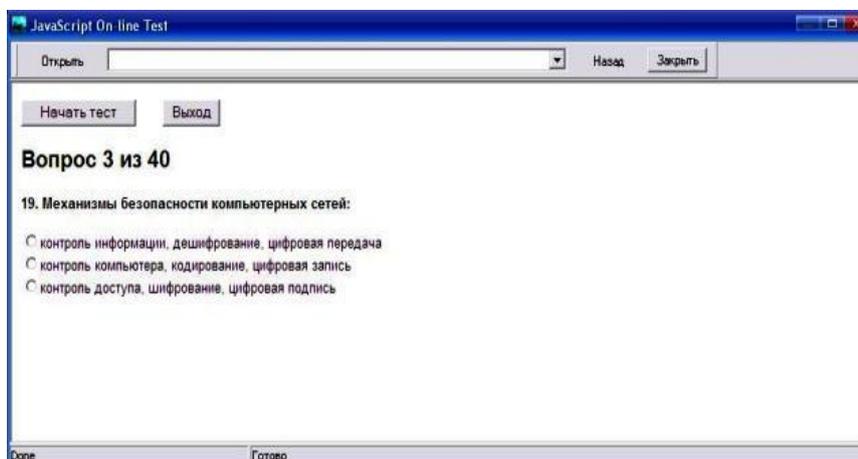


Рис. 7. Окно теста по дисциплине «Информационная безопасность»

Тест по дисциплине «Математика» содержит 60 вопросов. Окно теста по дисциплине «Математика» представлено на рис. 8.

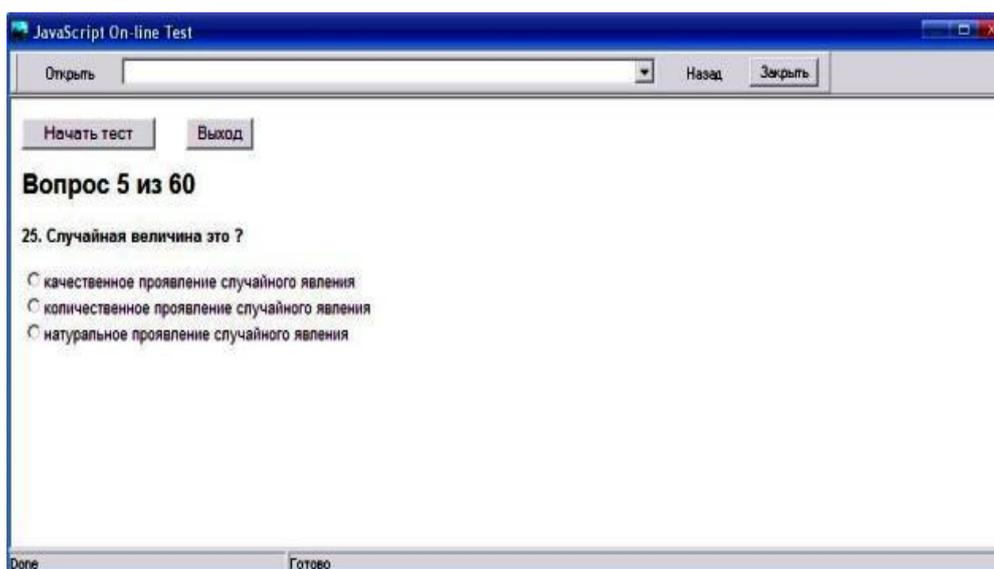


Рис. 8. Окно теста по дисциплине «Математика»

Для создания компьютерной программы контроля текущей успеваемости на языке C# использовался язык запросов LINQ. LINQ – это проект Microsoft по добавлению синтаксиса языка запросов, напоминающего SQL, в языки программирования платформы .NET Framework. LINQ реализован в языках C# и Visual Basic .NET. Есть три разновидности LINQ:

LINQ: Интегрированные в язык запросы к объектам в памяти (LINQ to Objects).

DINQ: Интегрированные в язык запросы к БД (LINQ to SQL).

XLINQ: Интегрированные в язык запросы к XML (LINQ to XML).

В запросе на языке LINQ указывается, какие данные надо получить из источника. В запросе также можно указать, как должны сортироваться, группироваться и оформляться возвращаемые данные. Технология LINQ предоставляет набор стандартных методов запросов, которые можно использовать в запросах. Большинство этих методов работают с последовательностями. Окно программы контроля текущей успеваемости по дисциплине «Программирование» представлено на рис. 9.

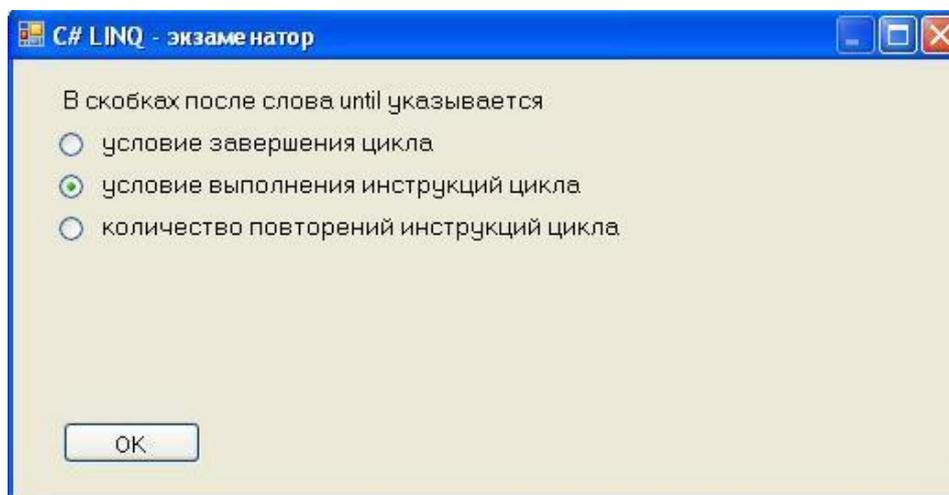


Рис. 9. Окно программы на языке C# контроля текущей успеваемости

Результаты тестирования, включая оценку, выводятся в окно программы (рис. 10).



Рис. 10. Вывод результатов тестирования

Учебное автоматизированное рабочее место

Автоматизированное рабочее место (АРМ) – это программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. Принципами создания АРМ являются системность, гибкость, устойчивость и эффективность.

Системность – АРМ рассматривается как система, структура которой определяется функциональным назначением.

Гибкость – система должна быть приспособлена к возможным изменениям, благодаря модульности построения всех подсистем и стандартизации их элементов.

Устойчивость – система АРМ должна выполнять основные функции, независимо от воздействия на нее внутренних и внешних возмущающих факторов.

Эффективность – это показатель эффективности затрат на создание и эксплуатацию системы АРМ.

К АРМ могут предъявляться следующие требования:

- наличие средств обработки информации;
- возможность работы в диалоговом режиме;
- высокая производительность;
- существенная степень автоматизации рутинных работ;
- максимальная комфортность работы, дружелюбный интерфейс;
- наличие системы помощи, подсказок и т.п.

Учебные АРМ (УАРМ) могут быть разработаны для различных учебных дисциплин. Структура такого УАРМ, применительно к дисциплине «Алгоритмические языки и программирование», может иметь следующий вид (рис. 11):



Рис. 11. Структура учебного автоматизированного рабочего места по дисциплине «Алгоритмические языки и программирование»

Экран программы-оболочки, реализующей УАРМ по дисциплине «Алгоритмические языки и программирование» и имитирующей интерфейс MS Visual Studio, может иметь вид, представленный на рис. 12.

Таким образом, создание и накопление электронных источников информации наравне с упрощением процедуры доступа к ним является наиболее актуальной задачей внедрения информационных технологий в учебный процесс.

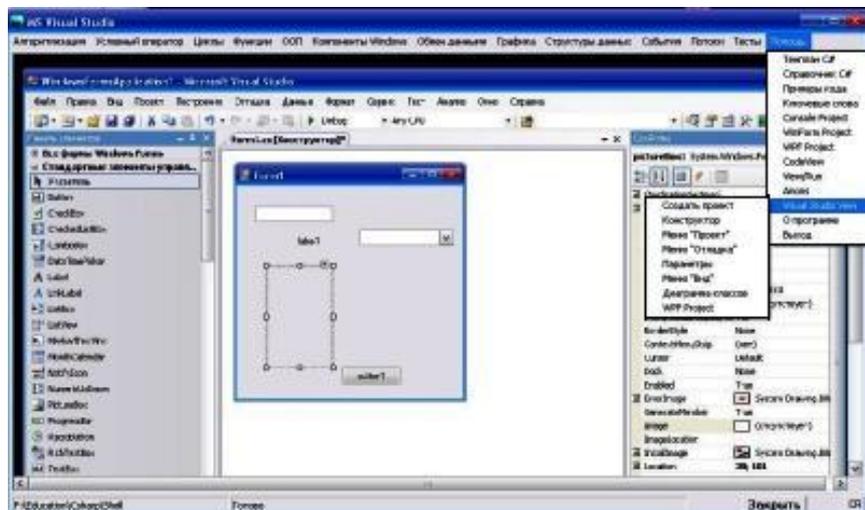


Рис. 12. Экран программы-оболочки УАРМ

Указанная задача может быть решена с помощью средств объектно-ориентированного программирования. К таким средствам можно отнести системы визуального программирования Microsoft Visual C++ и C# (входят в состав среды программирования Microsoft Visual Studio), Delphi (входит в состав среды программирования CodeGear RAD Studio). В рамках решения указанной выше задачи на языках программирования C# и Delphi могут быть разработаны универсальные программы-оболочки, осуществляющие просмотр информации, имеющей формат, позволяющий размещать её в сети Интернет.

Вывод

Использование ЭВМ в учебном процессе позволяет повысить качество обучения за счет высокой дидактической эффективности, обеспечения опережающей подготовки специалистов для перспективных направлений, использования активных форм самоподготовки слушателей и применения ЭВМ для контроля текущей успеваемости. Создание дистанционного обучения в высшей школе предоставляет большие возможности для дальнейшего развития традиционно устоявшихся форм образования и вывода их на новый качественный уровень. УАРМ, реализующие возможности гипертекста, позволяют использовать информационные технологии, в том числе и в целях дистанционного обучения.

Литература

1. Лабинский А.Ю. К вопросу разработки автоматизированных рабочих мест: матер. НТК «Актуальные проблемы автоматизации управления системами в ОВД» (тезисы доклада). СПб.: Юридический институт, 1994.
2. Лабинский А.Ю. Информационные технологии как основа дистанционного образования // Информатика и проблемы устойчивого развития: материалы Междунар. конф. СПб.: С-Петербург. ун-т МВД России, 2011.
3. Гадышев В.А., Лабинский А.Ю., Юренков О.Г. К вопросу применения ПЭВМ для контроля текущей успеваемости // Новые информационные технологии в деятельности ОВД: материалы науч.-техн. конф. СПб.: С-Петербург. Юридический институт, 1996.

4. Артамонов В.С., Лабинский А.Ю., Примакин А.И. Дистанционное обучение как новый этап развития заочного образования: учеб. пособие. СПб.: С-Петерб. ун-т МВД России, 2000.

5. Гадышев В.А., Лабинский А.Ю. Анализ практики использования вычислительной техники в учебном процессе // Новые информационные технологии в практике ОВД: материалы науч.-техн. конф. СПб.: С-Петерб. Юридический институт, 1997.

6. Лабинский А.Ю. Безопасность информационных систем // Компьютерная преступность: материалы науч.-техн. конф. СПб.: С-Петерб. ун-т МВД России, 1999.

7. Богданов М.И., Гадышев В.А., Лабинский А.Ю. Автоматизированное учебное рабочее место: учеб.-методич. пособие. СПб.: Высшая пожарно-техническая школа МВД России, 1995.

8. Лабинский А.Ю. Программное обеспечение проведения контроля текущей успеваемости: Информатика и проблемы устойчивого развития // материалы науч.-техн. конф. СПб.: С-Петерб. ун-т МВД России, 2009.

УДК: 699.812.2

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВНУТРЕННЕГО ПОЖАРА НА ПРИМЕРЕ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА «МОЛОЧНОЕ»

М.А. Воробьева.

Главное управление МЧС России по Вологодской области.

Д.А. Крылов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены основные проблемы, касающиеся обеспечения устойчивости зданий спортивных комплексов при пожаре. Затронут вопрос огнестойкости стальных и железобетонных конструкций в условиях внутреннего пожара. Рассмотрены варианты повышения предела огнестойкости этих конструкций путем нанесения специальных составов. Проведен анализ экспериментальных и расчетных методов определения пределов огнестойкости строительных конструкций.

Ключевые слова: предел огнестойкости, потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности, железобетонная балка

BEARING STRUCTURES FIRE RESISTANCE LIMIT EVALUATION IN CASE OF INTERNAL FIRE ON THE EXAMPLE OF THE SPORTS COMPLEX «MOLOCHNOE»

M.A. Vorobieva. Main directorate of EMERCOM of Russia in Vologda Region.

D.A. Krylov. Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses the main issues relating to the sustainability of sports facilities buildings in case of fire. The issue of fire resistance of steel and reinforced concrete structures in an internal fire is discussed. Variants of increasing the fire resistance limit of these structures by applying special compositions are considered. The analysis of experimental and calculation methods for determining the limits of fire resistance of building structures is carried out.

Keywords: fire resistance limit, loss of bearing capacity, loss of integrity, loss of heat insulating ability, reinforced concrete beam

Одной из основных характерных особенностей современного строительства является увеличение числа многофункциональных зданий. Поэтому проблема обеспечения пожарной безопасности таких зданий, людей и имущества является основной при разработке, проектировании, строительстве и эксплуатации объекта.

Здания спортивных комплексов являются объектами с массовым пребыванием людей, обладают повышенной пожарной опасностью, поэтому их противопожарная защита имеет огромное значение. Еще при проектировании таких объектов необходимо учитывать возможные сценарии возникновения и распространения пожара и выполнять необходимые условия для обеспечения устойчивости здания при пожаре. К этим условиям относят, в том числе, соблюдение требуемых пределов огнестойкости ограждающих и несущих конструкций.

При этом под огнестойкостью понимают способность сооружений, материалов и конструкций выдерживать воздействие опасных факторов пожара, сохраняя возложенные на них функции.

Пределом огнестойкости конструкции является значение времени, после которого в условиях стандартных испытаний наступает одно из нормированных для предельных состояний [1].

Исследовать зависимости изменений пределов огнестойкости целесообразно в отношении стальных и железобетонных конструкций, как наиболее часто применяемых в строительстве. Широкое распространение таких конструкций связано с высокими прочностными характеристиками материала, надежностью в нагруженных состояниях и большим сроком службы.

Стальные конструкции применяют практически во всех сферах строительства в том или ином объеме: промышленные здания, большепролетные здания, мосты (эстакады), листовые конструкции, башни (мачты), каркасы многоэтажных зданий и прочие конструкции [2].

Железобетонные конструкции успешно сочетают достоинства бетонных и стальных конструкций, дополняя друг друга и улучшая свои свойства. Стальная арматура повышает несущую способность бетонных конструкций до 20 раз. В свою очередь бетон защищает арматуру от коррозии и термического воздействия в случае пожара, тем самым повышая её огнестойкость.

Показателем огнестойкости конструкции является её предел огнестойкости, который устанавливается по времени (в минутах) от начала теплового воздействия на конструкцию до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний. Предельное состояние конструкции по огнестойкости – состояние конструкции, при котором она утрачивает способность сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара.

Различают следующие основные виды предельных состояний конструкций по огнестойкости:

- потеря несущей способности вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций (R);
- потеря целостности в результате образования в конструкциях сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя (E);
- потеря теплоизолирующей способности вследствие повышения температуры на необогреваемой поверхности конструкции, причем начальная температура конструкции не учитывается (I).

Высокотемпературные воздействия, ударные нагрузки и воздействие взрывной волны в сочетании с резкими колебаниями температуры во время пожара и его тушения приводят к тому, что конструкции зданий и сооружений деформируются или даже разрушаются [3].

Расчет температурного поля, воздействующего на строительные конструкции – процесс трудоемкий и многофакторный. Распределение температур по объему помещения зависит от многих условий, таких как геометрические размеры помещения, вентиляция, характер процесса горения и характеристики пожарной нагрузки. В связи с этим для практических целей пользуются значением среднеобъемной температуры [4].

Учесть абсолютно все нагрузки, действующие на конструкцию при пожаре, невозможно, и для определения значений показателей огнестойкости проводят стандартные огневые испытания [5, 6].

В ходе испытаний исследуют поведение различных материалов в условиях стандартного пожара. Определяют скорость изменения влажности материала, прогрева и его разрушения. Несущие конструкции различной толщины и размеров испытывают при увеличении нагрузки.

При этом фиксируют время наступления предельных состояний, значения температуры на необогреваемой поверхности, величину относительной деформации конструкций, момент появления дыма, трещин и прогаров на конструкции и т.п.

При рассмотрении железобетонных конструкций в первую очередь следует отметить, что наибольшую опасность представляет потеря несущей способности из-за прогрева арматуры выше критической температуры и потеря теплоизолирующей способности вследствие достаточно высокого коэффициента теплопроводности бетона.

Сравнивая экспериментальный и теоретический методы определения пределов огнестойкости, можно выделить ряд достоинств и недостатков каждого из них. Основным недостатком экспериментального метода определения пределов огнестойкости является необходимость проведения дорогостоящих экспериментов на конструкции реального размера. В свою очередь, экспериментальный метод позволяет увидеть поведение конструкции в реальных условиях. Благодаря огневым испытаниям была определена стандартная зависимость температуры от времени.

В качестве недостатков теоретического метода отмечают погрешность метода и получение приближенного значения. Однако теоретический метод позволяет существенно сократить расходы на определение пределов огнестойкости с сохранением удовлетворительной точности результатов.

Сущность теоретического метода состоит в определении граничных условий, расчете распределения температур по толщине конструкции и определении несущей способности конструкции с учетом полученных значений температур. Основной сложностью в этом процессе является расчет температурного поля в режиме нестационарного прогрева.

Таким образом, очевидно, что повысить предел огнестойкости стальных и железобетонных конструкций можно, обеспечив им дополнительную тепловую защиту. В этих целях могут быть использованы следующие типы покрытий:

1. Лакокрасочные термореактивные покрытия;
2. Штукатурные покрытия;
3. Конструктивная огнезащита – плитные материалы (волоконистые, листовые и др.);
4. Огнезащитные вспучивающиеся краски, например ПЛАМАКОР-1 – водно-дисперсионная огнезащитная краска; ПЛАМАКОР-2 – органо-разбавляемая полимерная огнезащитная композиция, огнезащитный состав на водной основе ФЕНИКС СТВ [7–10].

При этом проблема обеспечения пожарной безопасности и повышения пределов огнестойкости конструкций спортивных комплексов является актуальной ввиду того, что крупные пожары на таких объектах случаются достаточно регулярно:

– 10.06.2018 г., г. Львов. В здании на территории Стрелкового комплекса с административными помещениями учебно-спортивной базы летних видов спорта Министерства обороны Украины. Площадь пожара составила 400 кв. м [11];

– 30.08.2018 г., г. Реутов. Спортивный клуб в Реутове. Площадь пожара составила 2,5 тыс. кв. м [12];

– 16.11.2019 г., г. Нальчик. Спортивный комплекс «Кристалл». Площадь пожара составила 250 кв. м.

Пожары на подобных объектах осложняются возможным массовым пребыванием людей, зачастую сложной архитектурной планировкой и наличием помещений разных классов функционального назначения.

Оценка предела огнестойкости несущих конструкций в условиях внутреннего пожара спортивного комплекса позволяет на этапе проектирования или ремонта выполнить комплекс мероприятий, позволяющих обеспечить устойчивость здания при пожаре, создав необходимые условия для эвакуации людей и проведения работ по тушению пожара.

Литература

1. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций. М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2001. 496 с.
2. Колотов О.В., Воронова Н.А. Металлические конструкции: учеб. пособие. Н. Новгород: ННГАСУ, 2010. 101 с.
3. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и науки», 2001. 382 с.
4. Стяпин Р. ЧМ-2018. Современные решения проблемы обеспечения комплексной безопасности спортивных сооружений. URL: <https://ardexpert.ru/article/2244> (дата обращения: 10.12.2021).
5. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 27 дек. 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
7. Пожарная сертификационная компания. Определение огнестойкости строительных конструкций. URL: <https://www.pskpb.ru/services/opredelenie-ognestojkosti-stroitelnyh-konstrukcij/> (дата обращения: 10.12.2021).
8. Огнестойкость конструкций зданий // Современные технологии производства. URL: <https://extxe.com/15491/ognestojkost-konstrukcii-zdaniij/> (дата обращения: 10.12.2021).
9. Огнестойкость конструкций зданий // Современные технологии производства. URL: <https://extxe.com/13168/ognestojkost-stroitelnyh-konstrukci/> (дата обращения: 10.12.2021).
10. Современные методики повышения огнестойкости зданий и сооружений // СтройПРОФИль: заочный круглый стол. 2010. № 6 (84). 8 с.
11. Во Львове горел комплекс Минобороны – эвакуированы 120 человек // УНИАН Информационное агентство. URL: <https://www.unian.net/incidents/10147205-vo-lvove-nochyu-gorel-strelkovyy-kompleks-minoborony-evakuirovany-120-chelovek-foto-video.html> (дата обращения: 10.12.2021).
12. Пожар в спортивном клубе в Реутове: огонь распространился из раздевалки // Комсомольская правда / Происшествия. URL: <https://www.msk.kp.ru/daily/26875.4/3918125/> (дата обращения: 10.12.2021).

УДК 504/062

ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЛЕСОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

В.С. Коваленко;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводятся отдельные показатели лесного фонда Республики Тыва, функции лесов, как одного из основных природных богатств республики, распределение лесов по кожуунам. Показаны обобщенные данные динамики лесных пожаров на территории республики за период 2017–2019 гг. (в том числе потушенных в первые сутки), площадей, пройденных огнем, причин возникновения лесных пожаров. Приводятся примеры организационных и специальных мер противопожарной защиты лесов в Республике Тыва. Раскрывается сущность подготовки к пожароопасному сезону на землях лесного фонда.

Ключевые слова: Республика Тыва, кожуун, лесные пожары, пожароопасный сезон, земли лесного фонда, противопожарная защита лесов, борьба с лесными пожарами, профилактические группы, климатические условия, мониторинга лесной пожарной обстановки, подготовка к пожароопасному сезону, лесные экологические системы

DYNAMICS OF FOREST FIRES AND FIRE PROTECTION OF FORESTS IN THE REPUBLIC OF TYVA

V.S. Kovalenko; O.M. Troyanov.

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

The article presents some indicators of the forest Fund of the Republic of Tuva, the functions of forests as one of the main natural resources of the Republic, the distribution of forests in kuzhuun. Generalized data on the dynamics of forest fires on the territory of the Republic for the period 2017–2019 (including those extinguished in the first day), the areas covered by fire, and the causes of forest fires are shown. Examples of organizational and special measures for fire protection of forests in the Republic of Tyva are given. The essence of preparation for the fire season on the lands of the forest fund is revealed.

Keywords: Republic of Tyva, kozhuun, forest fires, fire season, forest lands, forest fire protection, forest fire control, prevention groups, climate conditions, monitoring of forest fire situation, preparation for the fire season, forest ecological systems

Республика Тыва занимает уникальную территорию в центральной части Азиатского материка, которая расположена между таёжной Сибирью и пустынной Монголией, замыкаемая горными массивами. Горные системы занимают более 80 % территории республики. Межгорные котловины – 20 %.

На западе Тыва граничит с Республикой Алтай, на севере – с Республикой Хакасия, Красноярским краем и Иркутской областью. На северо-востоке – с Республикой Бурятия, на юге и юго-востоке – с Монголией (рис. 1).

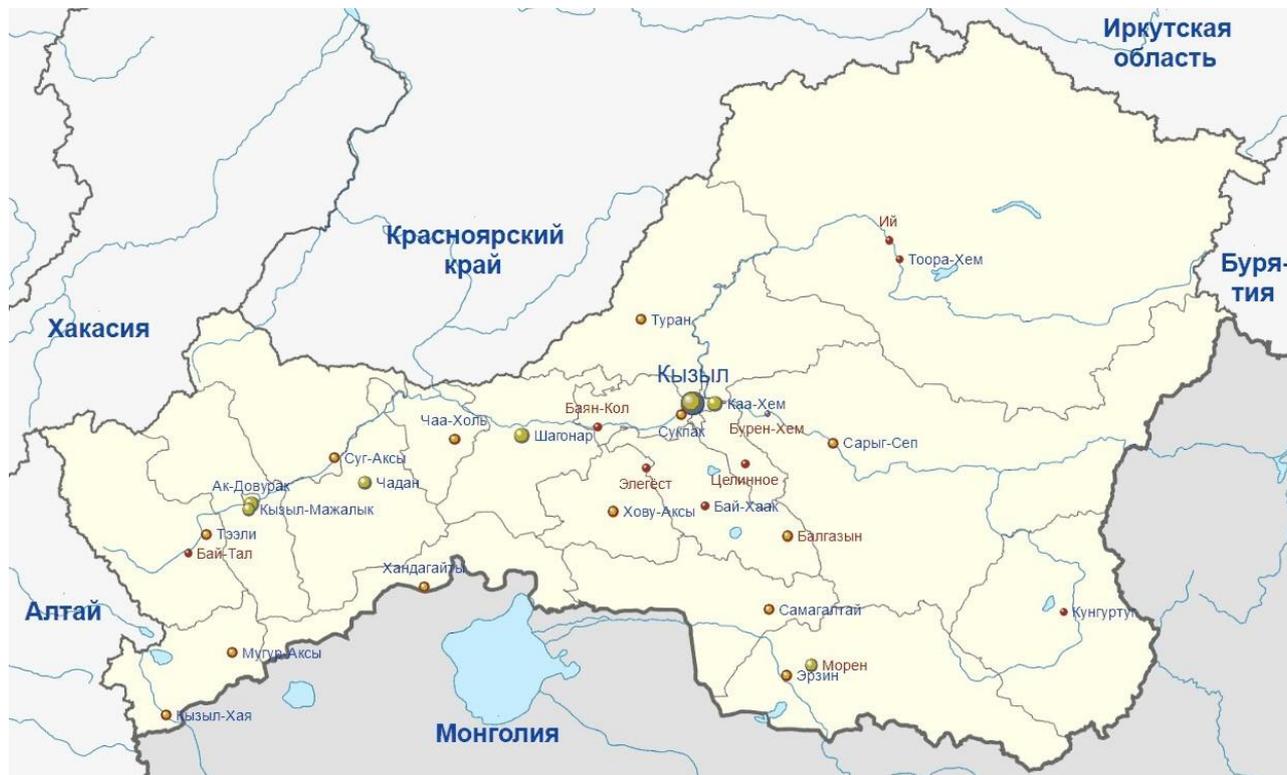


Рис. 1. Республика Тыва Российской Федерации

Одним из основных природных богатств Республики Тыва являются леса. Территория, занятая лесным фондом в Республике Тыва, занимает 10 882,9 тыс. га – это больше половины общей территории республики. Лесом была покрыта территории в 8 070,9 тыс. га по состоянию на 1 января 2018 г. [1]. По состоянию на 1 января 2020 г. территория республики, покрытая

лесом, составляет 8 055,5 тыс. га [2]. Распределение лесов неравномерное (табл. 1). Основная часть лесов расположена в Тоджинском и Каа-Хемском кожуунах. В лесах республики в основном произрастают хвойные породы деревьев. Основными лесобразующими породами являются такие хвойные породы, как ель и сосна, кедр и сибирская лиственница. Хвойные породы занимают 93,8 % от всей площади лесов в республике. Деревья лиственных пород растут на незначительной площади. Доля лиственных пород составляет 3,5 % от всей площади лесов в республике. Запасы древесины – более 1 млрд куб. м.

Табл.1. Расположение лесничеств на территориях административных районов (кожуунов) Республики Тыва

№ п/п	Лесничество	Центр лесничеств	Общая площадь лесничества, тыс. га	Кожууны, на территории которых расположено лесничество
1	Балгазынское	с. Балгазын	100,0	Тандинский
2	Барун-Хемчикское	с. Кызыл-Мажалык	1 880,0	Бай-Тайгинский, Барун-Хемчикский, Монгун-Тайгинский
3	Каа-Хемское	с. Сарыг-Сеп	2 570,0	Каа-Хемский
4	Кызылское	п.г.т. Каа-Хем	1 780,0	Кызылский
5	Тандинское	с. Бай-Хаак	410,0	Тандинский, Чеди-Хольский
6	Тес-Хемское	с. Самагалтай	1 780,0	Тес-Хемский, Эрзинский
7	Туранское	г. Туран	910,0	Пий-Хемский
8	Тоджинское	с. Тоора-Хем	4 480,0	Тоджинский
9	Чаданское	г. Чадан	1 770,0	ДзУн-Хемчикский, Овюрский, Сут-Хольский
10	Шагонарское	г. Шагонар	1 210,0	Улуг-Хемский, Чаа-Хольский

Леса Республики Тыва выполняют многочисленные и разнообразные функции: средообразующие, водоохраные, защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные с одновременным обеспечением рационального, непрерывного, неистощительного лесопользования, а также развития лесной промышленности [3].

Лесные пожары в Республике Тыва являются настоящим бедствием. Сгорают большие площади лесных массивов, при этом страдают уникальные экологические системы. При пожарах в атмосферу вместе с дымом выбрасываются такие поллютанты, как оксид углерода, оксиды азота, большое количество диоксида углерода. Дым распространяется на огромные территории. От задымления страдают люди. В большей мере задымление опасно для детей. Особо опасно задымление для новорожденных и детей первого года жизни.

Динамика природных условий в последнее десятилетие становится веской причиной большого количества пожаров в лесах республики. В последние годы наблюдается быстрый рост температуры воздуха весной, отмечается, соответственно, характерный весенний ветер. Биологические оценки свидетельствуют об увеличении вегетационного периода ряда лесных растений. Результаты экологического мониторинга указывают на рост жарких периодов и засух. Перечисленные и другие природные факторы обуславливают новые угрозы возникновения лесных пожаров и увеличения лесных площадей, проходимых огнем.

Антропогенные факторы остаются в ряду наиболее распространенных причин, приводящих к лесным пожарам. Случаи нарушения правил обращения с огнем в лесах, приводящие к возникновению пожаров, составляют 64,2 %.

Среди характерных причин весенних и осенних лесных пожаров особо следует выделить так называемые сельскохозяйственные палы. Как правило, примерно 9 % лесных пожаров связаны с сельскохозяйственными палами. Здесь необходимо отметить также участвовавшие случаи бесконтрольного выжигания весной и осенью сухой травы и другой

растительности. Следствием неконтролируемого выжигания растительности, проводимого вблизи лесных массивов, является зачастую распространение огня по лесостепи и переход на лес. Статистика показывает, что иногда лесные пожары от различных палов достигают 30 % случаев.

Динамика лесных пожаров на территории Республики Тыва в 2017–2019 гг. (в том числе потушенных в первые сутки), площадей, пройденных огнем, причин возникновения (табл. 2) в целом является положительной.

Табл. 2. Количество лесных пожаров на территории Республики Тыва в 2017–2019 годах (в том числе потушенных в первые сутки), площадь, пройденная огнем, причины возникновения

Название лесничества	Год	Кол-во пожаров	Площадь, пройденная огнем, га	Причина возникновения пожара		Кол-во пожаров, потушенных в первые сутки
				антропогенный фактор	природный фактор (гроза)	
Кызылское	2017	5	2061	–	–	–
	2018	6	106,5	5	1	6
	2019	2	8	2	–	1
Туранское	2017	10	11 952,5	–	–	–
	2018	6	1 462	4	2	2
	2019	4	1 340	4	–	2
Тандинское	2017	11	344,2	–	–	–
	2018	6	263,5	6	–	5
	2019	7	2271	7	–	2
Балгазынское	2017	14	842,3	–	–	–
	2018	5	5,1	5	–	5
	2019	3	20,2	3	–	3
Тес-Хемское	2017	8	264,5	–	–	–
	2018	1	1,5	1	–	–
	2019	5	40,5	5	–	5
Шагонарское	2017	19	1 008,9	–	–	–
	2018	6	75	3	3	4
	2019	5	43,5	4	1	4
Чаданское	2017	7	4 564,5	–	–	–
	2018	7	455,5	4	3	1
	2019	5	277	5	–	3
Барун-Хемченское	2017	1	8	–	–	–
	2018	3	42	3	–	3
	2019	0	0	–	–	–
Каа-Хемское	2017	20	10 297,5	–	–	–
	2018	15	803,45	6	9	7
	2019	8	1 102,3	7	1	5
Тоджинское	2017	34	13 599	–	–	–
	2018	43	5 118,20	9	34	19
	2019	3	5 943	2	–	2
Всего	2017	129	44 942,4	–	–	–
	2018	98	8 332,85	46	52	52
	2019	42	11 045,50	40	2	27

Пожароопасный сезон на землях лесного фонда в 2017 г. был установлен с 12 апреля (постановление Правительства Республики Тыва от 12 апреля 2017 г. № 162). Всего на землях лесного фонда зарегистрировано 129 лесных пожаров. Кроме этого, на землях

особо охраняемых природных территорий республики (заповедников «Азас» и «Убсунурская котловина») зарегистрировано семь лесных пожаров [1].

Пожароопасный сезон на землях лесного фонда в 2018 г. был установлен с 14 апреля (постановление Правительства Республики Тыва от 13 апреля 2018 г. № 176). Всего с начала пожароопасного сезона 2018 г. зарегистрировано 98 лесных пожаров. На землях особо охраняемых природных территорий республики (заповедника «Азас») зарегистрировано шесть лесных пожаров [4].

Пожароопасный сезон на землях лесного фонда в 2019 г. был установлен с 29 марта (постановление Правительства Республики Тыва от 28 марта 2019 г. № 142). Всего с начала пожароопасного сезона 2019 г. зарегистрировано 42 лесных пожара. На землях особо охраняемых природных территорий федерального значения (заповедниках «Азас» и «Убсунурская котловина») лесных пожаров в 2019 г. не зарегистрировано. Ущерб, нанесенный лесному фонду, составил 11,1 млн. руб. (2018 г. – 35,5 млн. руб., уменьшение на 68,7 %) [2].

Уменьшение количества лесных пожаров в 2019 г. в Республике Тыва свидетельствует об эффективности принимаемых мер противопожарной защиты лесов в непростых климатических условиях глобального изменения климата в сторону потепления и связанного с этим повышения пожароопасности лесных экологических систем.

Противопожарная защита лесов и борьба с лесными пожарами в Республике Тыва всегда была одним из приоритетных направлений охраны леса в Республике Тыва. Подготовка к пожароопасному периоду в республике осуществляется в соответствии с требованиями нормативных правовых актов. Для повышения действенности мер противопожарной защиты лесов и борьбы с лесными пожарами ежегодно разрабатывается план подготовки на территории Республики Тыва к пожароопасному периоду [5]. В связи прогнозируемой высокой лесной пожарной опасностью в республике в 2020 г. были спланированы и выполнены соответствующие противопожарные мероприятия.

Постановлением Правительства Республики Тыва от 9 апреля 2020 г. № 142 с 10 апреля 2020 г. на территории Республики Тыва, на землях лесного фонда было определено начало пожароопасного сезона 2020 г.

Постановлением Правительства Республики Тыва от 17 апреля 2020 г. № 170 на всей территории республики с 17 апреля по 18 июня был введен особый противопожарный режим.

В развитие плана ежегодных мероприятий по подготовке к пожароопасному периоду был разработан и утвержден план проведения дополнительных противопожарных мероприятий на период действия особого противопожарного режима. Были введены определенные ограничения и запреты. Например, гражданам запрещалось находиться на территории лесов, запрещалось разводить костры в лесах, запрещалось сжигание в лесах каких бы то ни было отходов и мусора, сухой травы, запрещалось разведение костров на полях. Особый запрет распространялся на сельскохозяйственные палы. Запрещено было выжигать на полях жнивье, остатки от жатвы, сухую растительность на землях запаса [6].

На период пожароопасного сезона была назначена соответствующая общая группировка сил и средств, которая включала более 2 тыс. чел. и более 300 единиц техники.

С целью осуществления мониторинга лесной пожарной обстановки на территории Республики Тыва привлекаются аэрокосмические средства. Территория, занятая лесным фондом в Республике Тыва, входит в зону авиационного и космического мониторинга 1-го уровня (приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 16 февраля 2017 г. № 65). При этом космический мониторинг охватывает 3 055,8 тыс. га, а зона авиационной охраны составляет 7 827,1 тыс. га.

Космический мониторинг осуществляется с помощью системы ИСДМ-Рослесхоз. Для авиапатрулирования используется авиатехника (один вертолет Ми-8 и два самолета АН-2) авиационной охраны лесов «Туранского специализированного лесохозяйственного учреждения».

В интересах предупреждения, своевременного выявления очагов горения и их ликвидации формируются профилактические группы (патрульные, маневренные, патрульно-маневренные группы) из представителей муниципальных органов, добровольных пожарных формирований, лесничеств, личного состава Федеральной противопожарной службы и населения.

Пожароопасный сезон 2020 г. на землях лесного фонда, которые расположены в Республике Тыва, был закрыт с 20 октября 2020 г. [7].

За период пожароопасного сезона 2020 г. на землях лесного фонда зарегистрировано 62 лесных пожара. На землях особо охраняемых природных территорий (ГПЗ «Азас») зарегистрировано 2 лесных пожара. Предварительно причины возникновения лесных пожаров распределяются следующим образом: человеческий фактор – 30 (47,6 %); переход с земель иных категорий – 3 (4,7 %); гроза – 30 (47,6 %).

Необходимо отметить, что за период с начала пожароопасного сезона 2020 г. до 22 июня 2020 г. на землях лесного фонда республики произошло 48 лесных пожаров. При этом общая площадь, которая была охвачена пожарами, составила 17 462,12 га. На землях особо охраняемых природных территорий (ГПЗ «Азас») было зарегистрировано 2 лесных пожара на общей площади 125,5 га. В аналогичный период 2019 г. в лесах республики был зафиксирован 31 лесной пожар. Общая площадь составила 10 835,2 га [9]. В целом, с начала до окончания пожароопасного сезона 2019 г. было зарегистрировано 42 лесных пожара.

Необходимо отметить увеличение количества возникших лесных пожаров в 2020 г. по сравнению с аналогичным периодом 2019 г. Анализ показывает, что увеличение количества лесных пожаров обусловлено прежде всего высокой и сухой травянистой растительностью в лесах. Благоприятные условия для чрезмерного роста травянистых растений сформировались в связи с дождливым летом 2019 г. В свою очередь, установившаяся на длительное время в весенний период 2020 г. сухая, жаркая, ветреная погода (температура воздуха превышала средние показатели многолетних наблюдений), обеспечила быстрое высыхание прошлогодней травянистой растительности в лесах и ее повышенную пожароопасность. При этом следует также отметить, что, благодаря принятым мерам при подготовке к пожароопасному сезону 2020 г., все лесные пожары, которые возникли в весенний период (с 19 апреля по 26 мая), были ликвидированы до 30 мая [8].



Рис. 2. Высокая пожароопасность сухой травянистой растительности весной 2020 г.

В целом, пожароопасный сезон 2020 г. на землях лесного фонда Республики Тыва следует рассматривать по меньшей мере как непростой. Каждый лесной пожар был особенным, по-своему сложным и в большей степени непредсказуемым.

Несмотря на некоторое увеличение количества лесных пожаров, в пожароопасный сезон 2020 г. по сравнению с 2019 г. необходимо отметить слаженность работы всех структур в борьбе с лесными пожарами, оперативность ликвидации пожаров. Детальный анализ итогов прохождения пожароопасного сезона 2020 г. на землях лесного фонда Республики Тыва еще впереди. Однако уже сейчас выявленные недостатки учитываются при подготовке к пожароопасному сезону 2021 г. в республике, который уже стартовал.

Литература

1. О государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2017 году: постановление Правительства Республики Тыва от 5 июля 2018 г. № 356. URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 14.11.2020).
2. О государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2018 году: постановление Правительства Республики Тыва от 26 июня 2019 г. № 290. URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 14.11.2020).
3. О развитии лесного хозяйства Республики Тыва на 2017–2024 гг.: Государственная программа Республики Тыва: постановление Правительства Республики Тыва от 23 нояб. 2016 г. № 496.
4. О государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2018 году: постановление Правительства Республики Тыва от 27 июня 2019 г. № 339. URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 14.11.2020).
5. Об утверждении плана ежегодных мероприятий по подготовке к пожароопасному периоду на территории Республики Тыва: постановление Правительства Республики Тыва от 22 марта 2017 г. № 136-р. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
6. Главное управление МЧС России по Республике Тыва. URL: <https://17.mchs.gov.ru> (дата обращения: 14.11.2020).
7. Об окончании пожароопасного сезона 2020 года на землях лесного фонда, расположенных на территории Республики Тыва: постановление Правительства Республики Тыва от 20 окт. 2020 г. № 506. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
8. О прохождении пожароопасного сезона 2020 года на территории Республики Тыва // официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Республики Тыва. URL: <https://mpr.rtyva.ru/events/12189/> (дата обращения: 14.11.2020).

УДК 614.842

К ВОПРОСУ О СЕРТИФИКАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Е.А. Коржова;

А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены основные типы автоматических установок порошкового пожаротушения, обоснована актуальность их использования на объектах различного назначения, в том числе в зарубежной практике, рассмотрены порядок и особенности их сертификации, а также основные нормативные правовые акты и нормативные документы, которые регламентируют процесс проведения сертификационных испытаний таких установок.

Ключевые слова: автоматические установки порошкового пожаротушения, порошковое пожаротушение, сертификация, сертификационные испытания, пожарно-техническая продукция, подтверждение соответствия

TO THE QUESTION OF CERTIFICATION OF AUTOMATIC POWDER FIRE EXTINGUISHING PLANTS

E.A. Korzhova; A.S. Polyakov.

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

The article discusses the main types of automatic powder fire extinguishing installations, substantiates the relevance of their use at various facilities, including foreign practice, considers the procedure and features of their certification, as well as the main regulatory legal acts and regulations that govern the process of certification tests of such installations.

Keywords: automatic powder fire extinguishing installations, powder fire extinguishing, certification, certification tests, fire-technical products, confirmation of conformity

Законодательством Российской Федерации установлено, что вся пожарно-техническая продукция в обязательном порядке должна иметь сертификат соответствия требованиям нормативных документов. К такой пожарно-технической продукции относятся, в частности [1]:

- пожарное снаряжение;
- огнетушащие порошковые составы и пенообразователи;
- огнетушители;
- пожарные стволы и пеногенераторы;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства спасения людей;
- строительные материалы для отделки путей эвакуации;
- средства пожарной автоматики, элементы автоматических установок пожаротушения (АУПТ) и др.

Остановимся подробнее на последнем пункте этого перечня – на установках автоматического порошкового пожаротушения, так как эти установки очень широко применяются для защиты самых разных объектов.

Они бывают модульные и агрегатные. В модульной установке емкости с порошком (модули) размещаются непосредственно в защищаемом помещении, в них отсутствуют какие-либо трубопроводы. В агрегатной установке порошок может храниться в специально оборудованном помещении в баллонах, из которых подается в случае пожара с помощью трубопроводов [2].

Актуальность рассмотрения сертификации этих систем обусловлена их широким распространением в области пожаротушения в России. Например, в статье [3] описано применение таких систем с пиропатронным запуском на взрывопожароопасных объектах. Доказана их эффективность и надежность быстрого пресечения взрывопожароопасных ситуаций из-за высокой производительности, малой инерционности срабатывания пиропатрона, простоты устройства и монтажа.

Распространение таких систем пожаротушения очень актуально для Ямало-Ненецкого автономного округа, так как на его территории расположено почти 800 потенциально опасных объектов, связанных в основном с добычей и транспортировкой природного газа. Достаточно высокая аварийность отмечается на месторождениях ОАО «Роснефть-Пурнефтегаз» (Ново-Пурпейская, Барсуковская, Тарасовская площади), а также на месторождениях ОАО «Сибнефть-ННГ» (Вынгаяхинская, Суторминская, Холмогорская, Муравленковская площади). Причинами этого служат высокая плотность и большая протяжённостью нефтепроводов, а также – длительность сроков их использования.

Также перспективным направлением защиты объектов является установка комбинированного газопорошкового автоматического тушения. В работе [4] сказано, что при подаче смеси газ-порошок существенно уменьшается расход порошка – более чем в два раза. Это позволяет защищать помещения с такой же эффективностью, но с меньшими материальными затратами.

В работе [5] также рассмотрено тушение пожаров комбинированными составами. Выделены следующие достоинства такого способа тушения: высокая эффективность, универсальность, отсутствие вреда экологии и ценным вещам, на которые попадает огнетушащее вещество. После использования модуля возможна его перезарядка, причем ее стоимость составляет не более 20 % от полной стоимости модуля.

Широкое распространение установок автоматического порошкового пожаротушения и их преимущества свидетельствуют об актуальности вопросов их подтверждения соответствия требованиям нормативных документов.

В России используются различные формы подтверждения соответствия продукции, имеющей отношение к пожарной безопасности. К ним относятся обязательная и добровольная сертификация, а также декларирование. Выдать пожарный сертификат или зарегистрировать декларацию может аккредитованный в установленном порядке орган по сертификации [1].

Существует несколько типовых схем сертификации. Они определены в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Схемы отличаются между собой набором проводимых операций и условиями их выполнения. По результатам выполнения установленного перечня действий уполномоченные лица принимают решение о соответствии либо несоответствии испытываемой продукции требованиям нормативных документов.

К числу основных процедур, проводимых в процессе сертификации, относятся:

1. Анализ документов на продукцию. Этот этап наличествует во всех типовых схемах сертификации. Изучение документов дает возможность идентифицировать продукцию, ознакомиться с проектом и вынести решение о пригодности их использования.

2. Лабораторные испытания. Для их прохождения выбирают типовой образец испытываемой продукции.

3. Оценка производства, при которой группа экспертов оценивает состояние производства и действующую там систему менеджмента качества.

4. Инспекционный контроль. Этот этап подразумевает повторные испытания сертифицированной продукции и оценку состояния производства в течение всего срока действия сертификата.

Выбор схемы сертификации зависит, в том числе, от того, выпускается продукция серийно или малыми партиями.

Для серийной продукции применяются:

– схема 2с: сертификация продукции осуществляется на основании состояния производства и результатов испытаний типового образца продукции в аккредитованной испытательной лаборатории;

– схема 3с: сертификация на основании результатов испытаний типового образца с последующим инспекционным контролем;

– схема 4с: сертификация на основании состояния производства и результатов испытаний типового образца продукции в аккредитованной испытательной лаборатории с последующим инспекционным контролем;

– схема 5с: сертификация на основании результатов испытаний типового образца продукции и сертификации системы качества с последующим инспекционным контролем.

Для ограниченной партии продукции реализуется схема 6с: сертификация партии продукции на основании результатов испытаний представительной выборки из этой партии в аккредитованной испытательной лаборатории.

Для пожарно-технической продукции сертификация является обязательной. Выбирать схему сертификации может сам заявитель. От выбранной схемы зависит как процедура сертификации, так и период действия полученного сертификата [6].

Средства пожарной автоматики предназначены для обнаружения возгорания на ранней стадии, после чего действуют по заложенной программе: дают сигнал на запуск системы оповещения и дымоудаления, останавливают работу лифтов, открывают аварийные

выходы и т.д. Цель системы – сбережение жизни людей при пожаре и минимизация материального ущерба.

Для получения пожарного сертификата на продукцию производитель должен подготовить набор документов и предоставить возможность эксперту для отбора образцов продукции на лабораторные испытания. Подробный алгоритм действий отличается для каждой схемы сертификации, но основные этапы одинаковы. Они включают в себя:

- подачу заявки и рассмотрение сертифицирующим органом представленных материалов;
- принятие решения на проведение сертификации с указанием выбранной ее схемы;
- оценку состояния производства (не для всех схем);
- анализ соответствия продукции требованиям нормативного документа по пожарной безопасности;
- выдачу сертификата либо мотивированный отказ в выдаче в письменном виде;
- инспекционный контроль аккредитованным органом (не для всех схем);
- устранение выявленных недостатков, если продукция перестанет соответствовать требованиям нормативного документа по пожарной безопасности.

Обязательное условие сертификации – этап лабораторных испытаний. По их результатам оформляется протокол, который направляется в орган по сертификации. Копию протокола хранят в лаборатории весь период действия сертификата и три года после его окончания [6].

Согласно [7], при сертификационных испытаниях берут не менее трех модулей одного типоразмера, которые произведены в одну и ту же смену, прошли приемосдаточные испытания, результаты которых оформлены одним и тем же документом. Объем проведения сертификационных испытаний расписан в табл. 4 упомянутого ГОСТа [7].

Определяются такие параметры, как:

- соответствие модулей требованиям нормативного документа и конструкторской документации;
- время действия, быстродействие;
- объем корпуса;
- термостойкость распыляющего насадка;
- масса порошка и полная масса модуля;
- прочность корпуса при гидравлических испытаниях;
- огнетушащая способность для пожара класса В и др.

Методы испытаний каждого параметра описаны в разделе 8 ГОСТа [7].

Успешное прохождение испытаний является обязательным условием для вывода продукции на международный рынок. В России существуют компании, современные разработки которых сумели пройти необходимые испытания и успешно завоевывают зарубежные рынки. Рассмотрим некоторые из них.

Наиболее современную реализацию системы противопожарной защиты на сегодняшний день представляет система «Гарант-Р». Каждый из модулей этой системы ведет двухпороговый контроль температуры в зоне его действия. Если группа модулей, находящихся рядом друг с другом, фиксирует превышение температуры, превосходящее второе пороговое значение, то запускается сигнал на пуск установки. При этом группа модулей запускается таким образом, что очаг возгорания всегда располагается в центре зоны тушения. Связь между модулями происходит с помощью беспроводных технологий. Таким образом, при перестановке горючей нагрузки внутри помещения можно легко изменить конфигурацию расположения модулей.

Надежность этой установки очень высока – способность обмена информацией между модулями сохраняется при уничтожении до 40 % сети передачи данных.

Эта установка обеспечивает полное выполнение требований свода Правил СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [8]. Высокие

характеристики описанной установки позволяют ей быть представленной не только на внутреннем, но и на зарубежном рынке.

Также можно отметить продукцию компании «Эпотос» (рис. 1). Ряд изделий, представленных этим производителем, имеет такие показатели устойчивости к неблагоприятным эксплуатационным условиям, что зарубежные компании уже успешно внедряют проекты противопожарной защиты сложных и дорогостоящих машин (строительной и дорожной техники), которые реализованы на базе продукции ООО «ГК «ЭПОТОС».

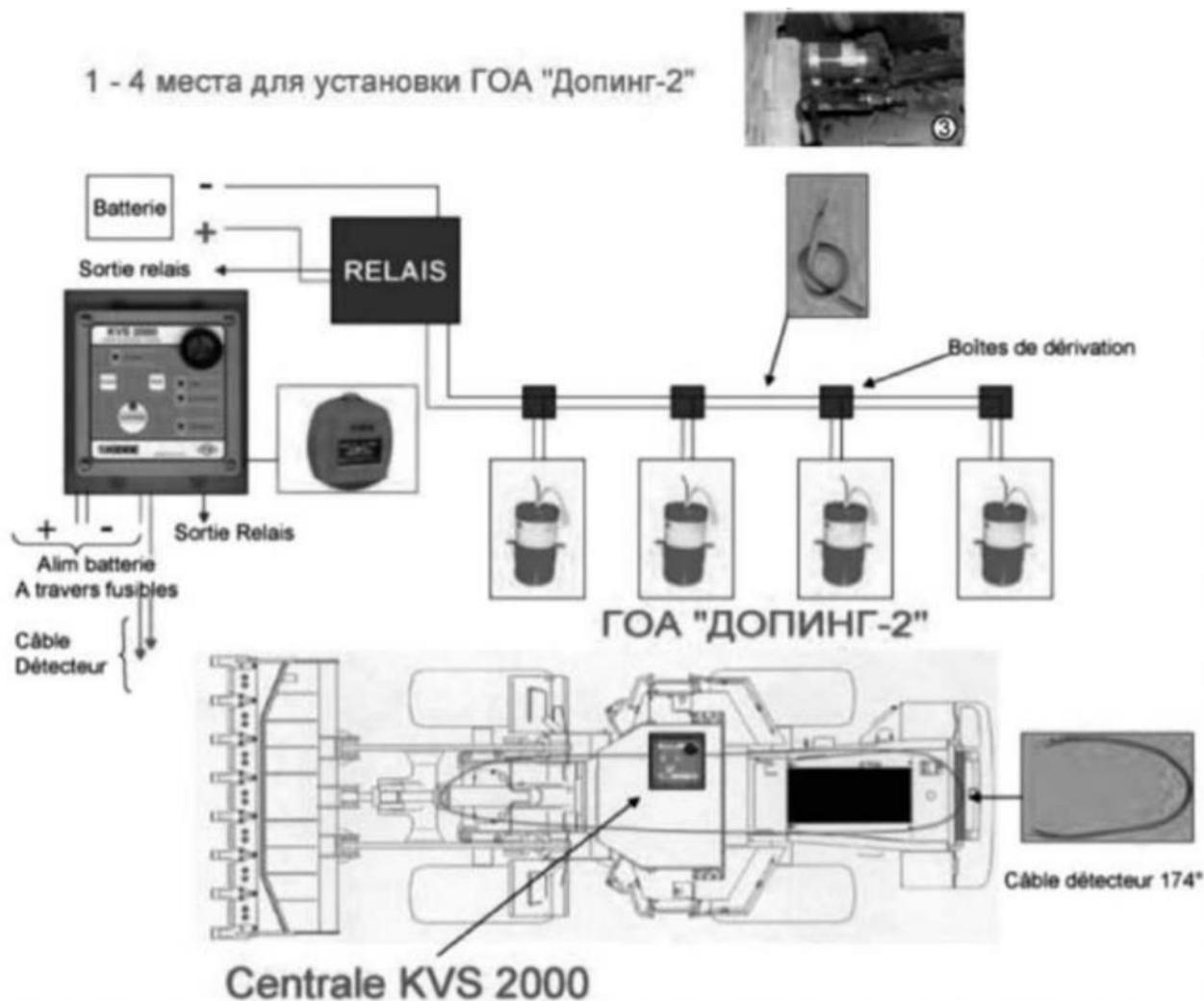


Рис. 1. Пример защиты техники с помощью ГОА «Допинг-2» компании «Эпотос»

За рубежом очень распространена защита различных объектов, имеющих ограниченное закрытое пространство (кухонные плиты, электрошкафы и др.), с помощью автоматических систем пожаротушения, то есть автономного модуля с необходимым огнетушащим веществом (ОТВ), который объединен с пожарным извещателем. Такая система монтируется в защищаемом пространстве и самостоятельно тушит возгорание путем выпуска ОТВ. Примеры зарубежных средств пожаротушения такого типа приведены на рис. 2 и 3 [9].

САМОСРАБАТЫВАЮЩИЕ ОГNETУШИТЕЛИ BONPET «БОНПЕТ»



Рис. 2. Самосрабатывающий огнетушитель «Bonpet» (Словения)



Рис. 3. Устройство автономного пожаротушения SAT 119 (Япония)

Таким образом, полученный на основании испытаний сертификат пожарной безопасности является гарантией качества продукции, подтверждением, что она способна качественно выполнять возложенные на нее функции. Для автоматических установок порошкового пожаротушения процесс испытаний представляет особую важность, так как они участвуют в защите объекта от пожаров и от их работы может зависеть жизнь и здоровье людей. Поэтому методы испытаний должны как можно точнее и объективнее отражать реальные характеристики оборудования.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. Поляков А.С., Константинова А.С. Актуальные направления исследований влияния дисперсного состава огнетушащего порошка на эффективность тушения пожаров нефтепродуктов // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 4 (28). С. 28–35.
3. Прохоренко К.В., Серебренников С.Ю. Особенности применения порошковых и аэрозольных систем пожаротушения на взрывопожароопасных объектах: матер. XXIX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Балашиха, 2017. С. 323–326.
4. Овчинников В.А., Хаустов С.Н. Комбинированное газопорошковое пожаротушение как перспективное направление автоматического пожаротушения // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1 (3). С. 419–421.
5. Уразметов М.А., Исаева О.Ю. Тушение пожаров комбинированными газопорошковыми составами: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 30-ой годовщине аварии на Чернобыльской АЭС в рамках X Республиканского форума «Безопасность – 2016» «Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность – 2016)». Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2016. С. 178–183.
6. Виды и особенности сертификации пожарной автоматики. URL: <https://www.kp.ru/guide/pozharnaja-avtomatika.html> (дата обращения 01.11.2020).
7. ГОСТ Р 53286–2009. Техника пожарная. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071861> (дата обращения 01.11.2020).
8. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения 08.11.2020).
9. Долговидов А.В., Сабинин О.Ю., Терехнев В.В. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы: учеб. пособие. Екатеринбург.: ООО «Издательство «Калан», 2014. 204 с. URL: http://www.sigma-is.ru/files/education/avt_pt.pdf (дата обращения 11.11.2020).



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Воробьева Мария Александровна – студент ин-та безопасн. жизнедеятельности СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Иванов Анатолий Николаевич – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Иванов Дмитрий Сергеевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

Коваленко Владислав Сергеевич – курсант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Коржова Елена Александровна – студент ин-та заоч. и дистанц. обучения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Крылов Дмитрий Александрович – ст. препод. каф. криминалистики и инж.-технич. экспертиз СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

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.;

Медведев Дмитрий Валерьевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Попивчак Иван Игоревич – ст. препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

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. технологич. процессов и производств СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

Титов Руслан Борисович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

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



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, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-майор 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, 2 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 научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «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: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 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, 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 фонда. 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 для электронных каталога и картотеки. 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 УГПС – *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):

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. Грещяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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 (36) – 2020

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 25.12.2020. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. 8,5 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

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