АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ

«ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ-2018»

МАТЕРИАЛЫ

VII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

10-11 апреля 2018, Москва

STATE FIRE ACADEMY
OF EMERCOM OF RUSSIA

«PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY – 2018»

PROCEEDINGS

of the VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS

10-11 April 2018, Moscow

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9
М 34

Материалы VII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности - 2018». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 214 с.

Материалы VII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2018» адресованы молодым ученым и специалистам из вузов, научных институтов, государственных учреждений и промышленности.

Целью конференции является создание площадки для формирования творческих связей и обмена опытом между молодыми учеными и специалистами, обсуждение вопросов развития научных исследований и внедрения инновационных разработок в области техносферной безопасности.

Издано в авторской редакции

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9

© Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Нгуен Д.Т., Пузач С.В. Новый метод расчета концентраций монооксида углерода при пожаре в помещении объектов энергетики Вьетнама 7
Гусев И.А., Алешков М.В., Ольховский И.А., Сошников А.А. Роботизированная дистанционно-управляемая установка пожаротушения для проведения работ на объектах энергетики 10
Гусев И.А., Двоенко О.В., Зубачев С.М., Марченко Д.В. Применение пожарных автомобилей с системами гидроабразивной резки при тушении пожаров 18
Декина М.А., Ягодка Е.А. Разработка специальных технических условий на основе результатов исследований 26
Дао Т.А., Минаев В.А., Чу М.К., До Хоа. Кластеризация провинций Вьетнама по состоянию пожарной обстановки 32
Фещенко А.Н., Рахманин О.К. Определение пригодности пенообразователей для подслойного пожаротушения спиртосодержащих нефтепродуктов 37
Прошина О.М. Проблема взаимодействия внутренних и привлекаемых специальных служб при пожарах и чрезвычайных ситуациях в образовательных комплексах 40
Петров Ф.В., Туяков Б.К., Соловьев С.В., Смирнов А.В. Предварительная оценка эффективности использования модуля импульсного порошкового пожаротушения при тушении ТГМ и ЛВЖ 44
Крымский А.С., Беликов А.К., Грохотов М.А. Расчет минимальной флегматизирующей концентрации фототеплового воспламенения смесей хлорметана с хлором. 47
Кудрявцев М.Н., Бегишев И.Р., Грохотов М.А. Расчет параметров пожаровзрывоопасности метана с хлором. 53
Шкутова Т.В. Огневые испытания конструкций огнезащитного подвесного потолка при углеводородном режиме 58
Носков К.А., Есин В.М. Расчетные и нерасчетные режимы определения фактических параметров систем противодымной защиты в зданиях повышенной этажности 64
Егоров А.Н. Опыт применения моделей нефтяных резервуаров в экспериментальных исследованиях. 66

Передня Д.А. Факторы, приводящие к возникновению пожаров на трансформаторе 71
Габдуллин В.Б., Коршунов И.В., Смагин А.В., Серов П.П. Исследование методов преодоления искусственных препятствий при самоспасании пожарного с помощью спасательной верёвки 74
Гураль А.А., Батманов С.В. Пожарный риск на железнодорожных эстакадах с мазутом..... 77
Цыбульская М.Ю., Есин В.М. Влияние взаимного расположения проемов системы дымоудаления и подачи наружного воздуха для возмещения объемов удаляемых продуктов горения на эффективность дымоудаления..... 81
Мусайбеков А.Г. Решение оптимизационных задач в вопросах управления пожарной безопасностью на нефтеперерабатывающих предприятиях 87
Чистяков Т.И., Гусев И.А. Электрические эффекты при применении струй температурно-активированной воды для тушения пожаров класса е на объектах энергетики..... 93

СЕКЦИЯ 2
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Щепилов И.А. Программно-аппаратный комплекс поддержки управления силами пожарно-спасательного гарнизона при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене, возникших в результате террористического акта 100
Рашкевич Н.В. Химические вещества как показатели опасности на полигонах твердых бытовых отходов 108
Махнёва А.Н., Солодовников А.В. Анализ динамики сейсмической активности на территории западной сибири 114
Долгополова А.Г., Плуготаренко Н.К. Компьютерная модель комплексной оценки экологической безопасности промышленных городов..... 119
Шорохов С.Г., Антипин Д.Я. Нагруженность локомотива пассажирского поезда при аварийных соударениях с препятствиями 126
Байгалмаа Э. Обоснование необходимого числа пожарных депо для крупнейших городов Монголии 131
Байгалмаа Э. Анализ пожарных рисков в Монголии за период 2000 – 2016 годов 137

Меженов В.А., Двоенко О.В., Хисматулин С.Р. Средства снижения вероятности замерзания огнетушащих веществ в пожарных рукавах 144
Клевцова А.В., Кононов А.В. Пути решения проблемы отработанных ионообменных материалов в винной промышленности 148
Кононов А.В., Шкоркина И.В., Клевцова А.В. Оценка энергетической и экологической эффективности использования катионообменных мембран в сверхпредельных токовых режимах..... 153
Михайлов К.А. Типология районов мегаполиса по пожарной опасности 159
Салионов Д.С. Решение существующих проблем в расследовании пожаров 161
Астапов П.Е. Определение объема мониторинга для систем мониторинга объектов нефтедобычи 165
Добродицкий Н.А., Ягодка Е.А. Исторический анализ условий применения отдельных требований пожарной безопасности..... 169
Габдуллин В.Б., Коршунов И.В., Смагин А.В., Серов П.П. Современные представления об отработке упражнений с штурмовой пожарной лестницей 174
Тетерин Д.А., Хабибулин Р.Ш. Применение искусственных нейронных сетей в вопросах управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах 180
Голованов А.А., Сухов О.М., Марков А.Г. Защита от статического электричества подземных двустенных полимерных резервуаров для хранения светлых нефтепродуктов 184
Князев И.О., Чугуев П.В. Информационные потоки и их влияние на организационно-управленческую деятельность органов государственного пожарного надзора. 189
Малько В.А. Динамика пожарных рисков крыма до и после воссоединения с Российской Федерацией 194
Креппо Ю.В., Фирсова Т.Ф. Здания пожарных депо в помощь дежурному караулу 199
Смирнов А.В. Ранжирование вариантов распределения ресурсов для целей пожарной безопасности химических и нефтехимических предприятий..... 204

СЕКЦИЯ 1

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ВЬЕТНАМА

Нгуен Дат Тат, Пузач Сергей Викторович

Предложен новый теоретико-экспериментальный подход по расчету концентраций монооксида углерода токсичных газов при пожаре в помещении объектов энергетики Вьетнама. Получена формула для расчета зависимости среднеобъемной плотности CO от среднеобъемной плотности O_2 при пожаре в помещении объектов энергетики Вьетнама.

Ключевые слова: концентрация монооксида углерода; кислород; объекты энергетики Вьетнама.

A NEW METHOD OF CALCULATING THE CONCENTRATION OF CARBON MONOXIDE IN A FIRE AT THE PREMISES OF ENERGY FACILITIES VIETNAM

Nguyen Tat Tat, Puzach Sergey Viktorovich

A new theoretical and experimental approach is proposed for calculating carbon monoxide concentrations in case of a fire in a room of energy objects of Vietnam . Formula is proposed for calculating the dependence of the mean bulk density of CO on the average bulk density of O_2 for a fire in a room of energy objects of Vietnam.

Keywords: concentration of carbon monoxide; oxygen; energy objects of Vietnam.

В существующих методах расчета концентраций CO при пожаре в дифференциальные уравнения входит удельной коэффициент образования CO, одноко как показано в работах [1, 2] величина этого коэффициента не достаточно обоснована для практического применения.

В данной работе предложен новый подход, при котором не решается дифференциальные уравнения закона сохранения массы CO, а используются экспериментальные зависимости среднеобъемной плотности CO от среднеобъемной плотности O_2.

В научной литературе отсутствуют экспериментальные данные по одновременно измеренным полям температур и концентраций CO и O_2 в полномасштабных помещениях, которые позволяют обработать результаты в виде зависимостей $\rho_{CO.cp}=f(\rho_{O2.cp})$. Поэтому проведем численные эксперименты по сравнению результатов расчетов $\rho_{CO.cp}$ по формулам (1) и

(2), а также с использованием полных систем уравнений интегральной и зонной моделей [3] для типовых помещений ТЭС и ГЭС.

В статьях [1, 2] предложен новый подход к расчету плотностей токсичных продуктов горения, который заключается в определении среднеобъемных плотностей токсичных газов в каждый момент времени по их экспериментальным зависимостям от среднеобъемной температуры, полученным в разработанной экспериментальной установке.

Зависимость плотности монооксида углерода от температуры [1, 2]:

$$\rho_{CO} = \rho^* L_{CO}, \qquad (1)$$

где ρ_{CO} – среднеобъемная плотность CO, *кг/м*^{3}; $\rho^* = K / Q_н^р$ – характерная плотность, *кг/м*^{3}; L_{CO} – удельный коэффициент выделения монооксида углерода; $K = f(T_{ср}, T_в, \varphi)$ – коэффициент пропорциональности между среднеобъемной плотностью токсичного газа и отношением $L_{CO}/Q_н^р$, *Дж/м*^{3}; $Q_н^р$ – низшая рабочая теплота сгорания горючего материала, *Дж/кг*; $T_{ср}$ – среднеобъемная температура газовой среды, *К*; $T_в$ – температура воздуха в помещении, К; φ – коэффициент теплопотерь.

Однако, точность метода расчета [1, 2] в значительной степени зависит от погрешности определения коэффициента теплопотерь в экспериментальной мелкомасштабной установке и в реальном полномасштабном помещении.

Для устранения этого недостатка с использованием экспериментальных данных, полученных на мелкомасштабной установке [1, 2], предлагаем другой подход, в котором используются экспериментальные зависимости среднеобъемных плотностей токсичных газов от среднеобъемной плотности кислорода. При этом нет необходимости определять коэффициент теплопотерь и решать дифференциальные уравнения законов сохранения масс токсичных газов.

Зависимость плотности монооксида углерода от плотности кислорода в каждый момент времени от начала горения:

$$\rho_{CO} = \frac{L_{CO}}{L_{O_2}} \left(\rho_{O_2.в} - \rho_{O_2} \right), \qquad (2)$$

где $\rho_{O2.в}$ - плотность кислорода в атмосферном воздухе, *кг/м*^{3}; ρ_{O2} – среднеобъемная плотность O_2, *кг/м*^{3}; L_{O2} - удельный коэффициент поглощения кислорода; L_{CO} – удельный коэффициент выделения монооксида углерода.

Основным достоинством предложенной формулы (2) по сравнению с выражением (1) является отсутствие необходимости экспериментального или теоретического определения коэффициента теплопотерь φ.

Рассмотрим типовые помещения ТЭС и ГЭС Вьетнама:

- ГЭС Лай Чау: кабельный зал 35×25×5,5 м;
- ТЭС Тхай Бинь: кабельный тоннель 30×2×3,1 м.

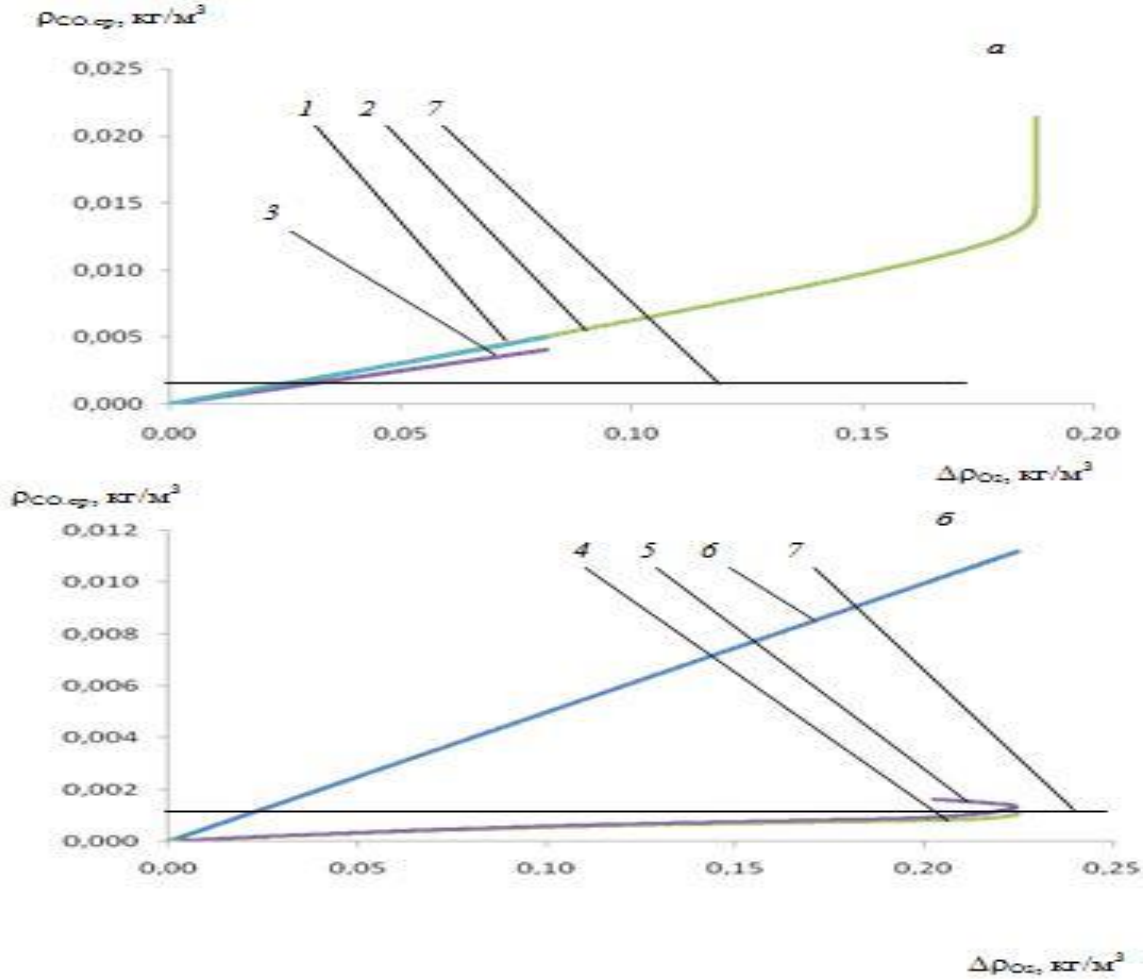


Рис. 1. Зависимости среднеобъемной плотности монооксида углерода от изменения среднеобъемной плотности кислорода: расчет по интегральной модели : *а* – закрытый проем: *1* – кабельный зал ; *2* – кабельный тоннель; *3* – расчет по формуле (2) ; *б* – открытый проем: *4* – кабельный зал; *5* – кабельный тоннель; *6* – расчет по формуле (2); *7* – $\rho_{CO.кр}$;

Из рис. 1, а видно, что, несмотря на существенное отличие размеров помещений кабельных тоннелей, зависимости среднеобъемных плотностей CO от изменения среднеобъемной плотности O_2, полученные с использованием решения полной системы уравнений интегральной модели (кривые 1 и 2) для условно герметичных помещений, а также уравнения (2) (кривая 3), совпадают друг с другом с погрешностью, не превышающей 19 %.

В случае помещений с открытыми проемами (рис. 1, б) вышеуказанная погрешность достигает 1100%. Это объясняется тем, что в помещениях с открытыми проемами выражение (2) несправедливо, так как граничные условия в этом случае существенно отличаются от аналогичных условий в условно герметичном помещении.

Таким образом, масштабный фактор практически не влияет на точность расчета плотности СО по формуле (2) только в случае условно герметичного помещения.

Литература

1. Пузач С. В., Сулейкин Е. В. Новый теоретико-экспериментальный подход к расчету распространения токсичных газов при пожаре в помещении // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 2. — С. 13–20. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.02.13-20.

2. Пузач С. В., Акперов Р. Г. Экспериментальное определение удельного коэффициента образования монооксида углерода при пожаре в помещении // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т.25. – №5. – С. 18-25. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.05.18-25.

3. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. - 336 с.

РОБОТИЗИРОВАННАЯ ДИСТАНЦИОННО-УПРАВЛЯЕМАЯ УСТАНОВКА ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Гусев Иван Александрович, Алешков Михаил Владимирович, Ольховский Иван Александрович, Сошников Андрей Александрович

При тушении пожаров на объектах энергетики личный состав пожарно-спасательных подразделений сталкивается с возникающими факторами пожара как первичного, так и вторичного проявления, в результате чего процесс тушения пожара приходится прерывать, отводя силы и средства на безопасные расстояния. Для обеспечения действий по тушению пожаров на объектах энергетики и защиты личного состава предлагается применение мобильной робототехники пожаротушения. Проведенный анализ тактико-технических характеристик существующей робототехники позволил заключить, что отсутствует специально разработанная для объектов энергетики робототехника пожаротушения, необходимость в разработке которой присутствует. В результате проведенных исследований были обоснованы технические требования к конструкции и создан опытный образец мобильной робототехники предназначенный для проведения работ на объектах энергетики.

Ключевые слова: мобильная роботизированная установка пожаротушения, тушение пожаров на объектах энергетики, мобильная робототехника пожаротушения для объектов энергетики.

ROBOTIC REMOTELY-CONTROLLED INSTALLATION OF FIRE EXTINGUISHING FOR WORK ON POWER PLANTS

Gusev Ivan Aleksandrovich, Aleshkov Mikhail Vladimirovich, Olkhovsky Ivan Aleksandrovich, Soshnikov Andrey Aleksandrovich

At suppression of the fires on power objects the staff of rescue and fire fighting divisions faces the arising factors of the fire of both primary, and secondary manifestation therefore process of fire extinguishing should be interrupted, taking away forces and funds for safe distances. For ensuring actions for suppression of the fires on objects of power and protection of staff application of mobile robotics of fire extinguishing is offered. The carried-out analysis of tactical technical characteristics of the existing robotics has allowed to conclude that there is no fire extinguishing robotics which is specially developed for power objects, need for which development is present. As a result of the conducted researches technical requirements to a design have been proved and the prototype of mobile robotics intended for work on power objects is created.

Keywords: mobile robotic installation of fire extinguishing, suppression of the fires on power plants, mobile robotics of fire extinguishing for power plants.

В результате проведенного анализа пожаров и аварий на объектах энергетики было установлено, что, несмотря на комплексную защиту объекты энергетики также подвержены возникновению пожаров, сопровождающихся возникновением большого материального ущерба как прямого, так и косвенного характера (рисунок 1) [1,2].

Помимо этого, в результате выхода электростанции из строя складывается тяжелая обстановка на других обслуживаемых электростанцией объектов. Так в результате пожара, произошедшего на Улан-Удэнской ТЭЦ-1 в зимний период времени без теплоснабжения остались несколько районов города, в том числе и социально-значимые объекты [3].

При тушении пожаров на объектах энергетики возникают условия, при которых личный состав подразделений и персонал объекта могут получить увечья и травмы. К основным же причинам травмирования и гибели при пожарах на объектах энергетики относятся большой тепловой поток, плотное задымление, обрушение кровли, взрывы емкостей под давлением и поражение электрическим током.

По сравнению с другими объектами, например с объектами нефтегазовой отрасли, на объектах энергетики все горючее оборудование и все происходящие процессы осуществляются в производственном корпусе, в результате чего достижение критических значений опасных факторов по-

жара происходит за короткий срок. В связи с этим, процесс тушения пожара приходится прерывать, обеспечивая безопасность участников тушения пожара.

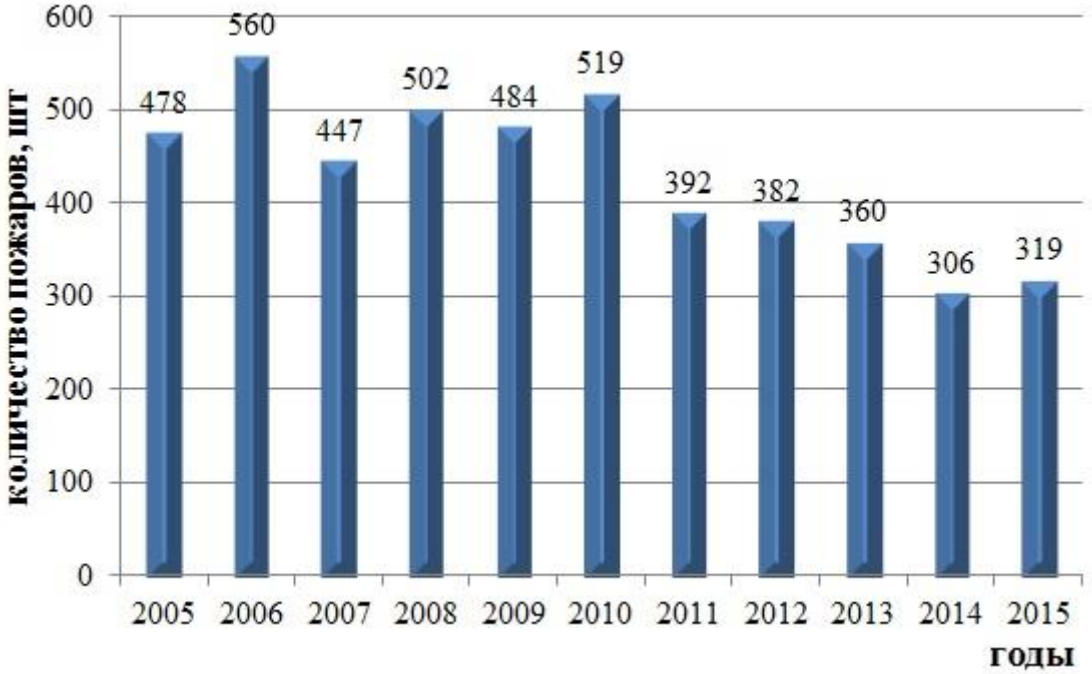


Рис. 1. Количество пожаров произошедших на объектах энергетики в период с 2005 по 2015 гг.

Тушение пожаров электрооборудования под напряжением на объектах энергетики требует к себе отдельного внимания. Личный состав подразделений согласно [4] может приступать к тушению электрооборудования напряжением до 0,4 кВ с соблюдением правил охраны труда. Во всех остальных случаях тушение электрооборудования под напряжением запрещается. В случае с объектом энергетики, в виду сложного технологического процесса, отключение горящего оборудования может достигать нескольких часов [5].

В связи с этим, для тушения пожаров на объектах энергетики в условиях возникающих трудностей и угроз предлагается применять мобильную робототехнику пожаротушения.

Анализ существующей робототехники пожаротушения позволил установить, что на данный момент отсутствует специально разработанный с учетом специфики объекта энергетики образец мобильной робототехники пожаротушения, а существующие образцы не могут быть в полном объеме применены для решения поставленных задач.

Одним из основных условий применения мобильной робототехники является возможность проведения ею работ находясь внутри электростанции, что говорит о ее малых габаритах и наборе необходимых компонен-

тов, обеспечивающих свободное перемещение. Большинство существующей робототехники относятся к среднему и тяжелому классам и имеют значительные массовые и габаритные характеристики. Основным недостатком мобильных роботов сверхлегкого и легкого класса являются малые тяговые усилия (мобильная роботизированная установка пожаротушения МУПР), либо недостаточное оснащение средствами пожаротушения (мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения МРК-РП) и др.

В связи с этим, были проведены исследования, направленные на разработку и создание образца мобильной робототехники пожаротушения, применимой на объектах энергетики.

Проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей, возникающих при тушении пожаров на объектах энергетики. Связано это в первую очередь с массовыми характеристиками и габаритными размерами, от которых зависит маневренность и транспортабельность мобильного робота. Эти условия во многом обеспечиваются отсутствием собственного запаса вывозимых огнетушащих веществ.

Важнейшим условием являлось то, что мобильное робототехническое средство пожаротушения должно быть оснащено устройством подачи огнетушащих веществ, с расходом, обеспечивающим интенсивность подачи 0,20 $л/м^2с$, для тушения пожаров в машинных залах электростанций [6].

Проведение работ в условиях плотного задымления подразумевает наличие электромеханического привода. Наиболее рациональным вариантом, обеспечивающим перемещение робототехнического средства в условиях объекта и небольших завалов, является применение гусеничного шасси.

На основании проведенных исследований был разработан проект создания мобильного робототехнического средства пожаротушения (рисунок 2).

Особенностью данной конструкции явилось то, что с учетом специфики тушения пожаров предполагалось установить дистанционно-управляемый лафетный ствол с расходом огнетушащих веществ от 15 до 20 л/с, работоспособность которого обеспечивала бы подачу требуемого количества огнетушащих веществ в очаг пожара, а также позволила бы осуществить защиту строительных конструкций здания от высокой температуры.

Было установлено, что для проведения разведки и управления мобильным роботом необходимо наличие в его конструкции системы видеонаблюдения, средств освещения и тепловизора, который будет обеспечивать поиск скрытых очагов горения и наиболее прогретых участков, куда планируется подача огнетушащих веществ.

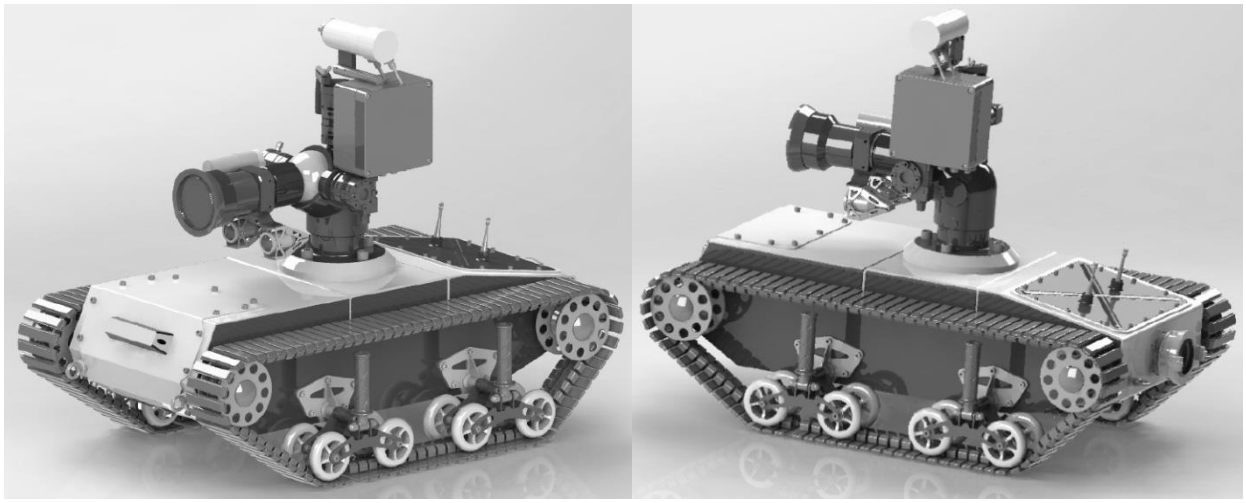


Рис. 2. 3D модель разрабатываемого робототехнического
средства пожаротушения

Проведенные исследования позволили разработать опытный образец мобильной роботизированной установки пожаротушения (рисунок 3).



Рис. 3. Опытный образец МРУП

Разработанный опытный образец проходил предварительные испытания на базе Академии ГПС МЧС России, где оценивались его ходовые качества, работоспособность узлов и механизмов, дальность дистанционного управления, движение в условиях объекта и др.

Подача огнетушащих веществ от пожарной автоцистерны позволила оценить его расходно-напорные характеристики (рисунок 4).

Основные тактико-технические характеристики разработанного образца приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики МРУП

Наименование параметра	Значение
Расстояние дистанционного управления, м, не более	200
Скорость передвижения изделия, км/ч, не более	3
Угол разворота «на месте», град., не менее	360
Тяговое усилие (без подсоединённых рукавов), кгс, не более	100
Параметры перемещения ствола (при движении и на стационаре):	
- в горизонтальной плоскости (от оси движения), град.	От – 120 до +120
- в вертикальной плоскости (от горизонта), град.	От – 15 до +75
Расход воды из ствола, л/с	От 15 до 20
Дальность струи м, не менее:	
- водяной сплошной	45
- распыленной (при угле факела 30°)	30
- пенной	30
Габаритные размеры, мм, не более:	
- длина	1100
- ширина	700
- высота	890
Масса, кг, не более	110

Проведенные предварительные испытания позволили выявить некоторые недостатки, которые были устранены в ходе дальнейшей работы над МРУП.



Рис. 4. Подача огнетушащих веществ при помощи МРУП

Приемо-сдаточные испытания проводились согласно разработанной методике испытаний, которая позволила оценить заявленные характеристики МРУП и проверить работоспособность всех его систем.

Для оценки огнетушащих возможностей МРУП и двигательных качеств были созданы специальные стенды (рисунок 5).



Рис. 5.Стенды для оценки ходовых характеристик МРУП

Испытания проходили на полигоне центра робототехники ВНИИПО МЧС России. Оценка огнетушащих возможностей МРУП позволила заключить, что при тушении модельного очага пожара с горящими нефтепродуктами, МРУП со своей задачей успешно справился. Тушение производилось на некотором удалении МРУП от очага (рисунок 6).



Рис. 6. Тушение модельного очага пожара при помощи МРУП

Производилась оценка тяговых характеристик МРУП при движении с рукавной линией после прекращения подачи воды, что подтвердило хорошие ходовые качества МРУП. При этом интересен тот факт, что МРУП двигался по снежному покрову, что также создает дополнительные трудности при движении (рисунок 7).

Проведенные испытания подтвердили заявленные характеристики МРУП, что позволяет говорить о его пригодности для выполнения поставленных задач.



Рис. 7. Движение с рукавной линией после прекращения подачи воды

Основными преимуществами МУПР являются:

- наличие на МРУП дистанционно-управляемого лафетного ствола с изменяемым расходом огнетушащих веществ от 15 до 20 *л/сек* и изменяемой геометрией струи с дальностью подачи до 70 *м*;

- на МРУП установлены две светодиодные фары, система видеонаблюдения и тепловизор, позволяющий проводить поиск скрытых очагов пожара;

- снаряженная масса МРУП составляет до 110 кг, что позволяет транспортировать его к месту проведения работ личным составом.

Разработанный опытный образец МРУП является одним из первых представителей мобильной робототехники, специально разработанной для объектов энергетики.

Применение МРУП совместно с личным составом пожарно-спасательных подразделений позволит повысить уровень безопасности личного состава при проведении работ, а также позволит эффективно бороться с пожарами, возникающими на объектах энергетики в условиях, когда человеку угрожает опасность.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2015, - 124 с.: ил. 40.;

2. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник. Под общей редакцией А.В. Матюшина. - М.: ВНИИПО, 2016, - 124 с.: ил. 40.;

3. Пожар на Улан-Удэнской ТЭЦ-1 ОАО ТГК-14 [Электронный ресурс] Режим доступа https://rg.ru/2008/02/12/ulan-ude.html.;

4. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы»;

5. Типовая инструкция по тушению пожаров на электроустановках АЭС концерна «Росэнергоатом» [текст]: утв. Минатом России от 16.10.2001 г. — М.: концерн Росэнергоатом, 2001. — 11с.;

6. Иванников, В.П., Клюс, П.П. Справочник руководителя тушения пожара [текст] / В.П. Иванников, П.П. Клюс. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С СИСТЕМАМИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Гусев Иван Александрович, Двоенко Олег Викторович, Зубачев Сергей Михайлович, Марченко Денис Викторович

Зачастую пожарно-спасательные подразделения, при тушении пожаров в помещениях могут столкнуться с возникновением опасных явлений, таких как объемная вспышка или обратная тяга. Для минимизации возникающих опасностей и для эффективной борьбы с пожарами были разработаны новые системы пожаротушения, основным принципом которых является тушение пожара в объеме без вскрытия горящего помещения. Это условие достигается за счет подачи огнетушащих веществ в объем помещения через оградительные конструкции за счет их резки абразивным материалом. Установками пожаротушения оснащаются пожарные автомобили, применяемые при тушении пожаров на различного рода объектов.

Ключевые слова: системы пожаротушения с гидроабразивной резкой, пожарные автомобили с системами гидроабразивной резки, локально-объемное пожаротушение системами гидроабразивной резки.

USE OF FIRE TRUCKS WITH THE SYSTEMS OF HYDROABRASIVE CUTTING AT SUPPRESSION OF THE FIRES

Gusev Ivan Aleksandrovich, Dvoyenko Oleg Viktorovich, Zubachev Sergey Mikhaylovich, Marchenko Denis Viktorovich

Often rescue and fire fighting divisions, at suppression of the fires in rooms can face emergence of the dangerous phenomena, such as volume flash or reversal thrust. New fire extinguishing systems which basic principle is fire extinguishing in volume without opening of the burning room were developed for minimization of the arising dangers and to effective fire-fighting. This condition is reached due to supply of fire extinguishing substances in room volume

through protective designs due to their cutting by abrasive material. Fire fighting units equip the fire trucks used at suppression of the fires on different objects.

Keywords: fire extinguishing systems with hydro abrasive cutting, fire trucks with the systems of hydro abrasive cutting, local and volume fire extinguishing with the systems of hydro abrasive cutting.

Мировая статистика показывает, что ежегодно в результате пожаров погибают десятки тысяч людей, в том числе пожарные и спасатели, участвующие в тушении пожара. Основными опасностями, с которыми приходится сталкиваться при тушении пожаров является образование объемных вспышек, возгорание горючих газов, возникновение эффекта «обратной тяги», взрывы, обрушение строительных конструкций, воздействие высокой температуры, плотного задымления, и поражение электрическим током [1,2].

Отдельно хотелось бы выделить пожары, происходящие в замкнутых объемах. Одной из причин образования опасных условий на пожарах в замкнутых объемах является применение в отделке помещений современных зданий и сооружений огромного количества различных полимерных материалов. Как правило, многие полимерные материалы имеют более высокую теплоту сгорания и при достаточной вентиляции - более высокий уровень выделения тепла по сравнению с традиционными материалами, применяемыми ранее, такими как дерево, хлопок и др.

Благодаря применению энергоэффективных технологий современные здания сохраняют большее количество тепловой энергии, ускоряя тем самым процесс роста температуры в горящем помещении (огневом отсеке). Поэтому уже через непродолжительное время огонь может охватить весь объем помещения, в котором он возник. С другой стороны, ввиду использования герметичных пластиковых окон и современных дверей, сохраняется вероятность того, что пожар, перейдя в режим контролируемый вентиляцией, начнет затухать, т.к. не будет получать достаточного количества кислорода. Как следствие, прибывающие по вызову пожарные подразделения, при попытке проникновения к местам горения, часто сталкиваются с различными негативными явлениями, сопутствующими пожару [3] (рисунок 1).

При тушении пожаров ручными водяными стволами помещений представляющих замкнутый объем, пожарным приходится проникать внутрь горящего помещения. Вскрытие горящего помещения способствует доступу кислорода воздуха к очагу пожара, в результате чего в короткий промежуток времени горение возобновляется, температура в помещении возрастает и может произайти одновременное воспламенение всех газов пиролиза, находящихся в помещении (объемная вспышка).

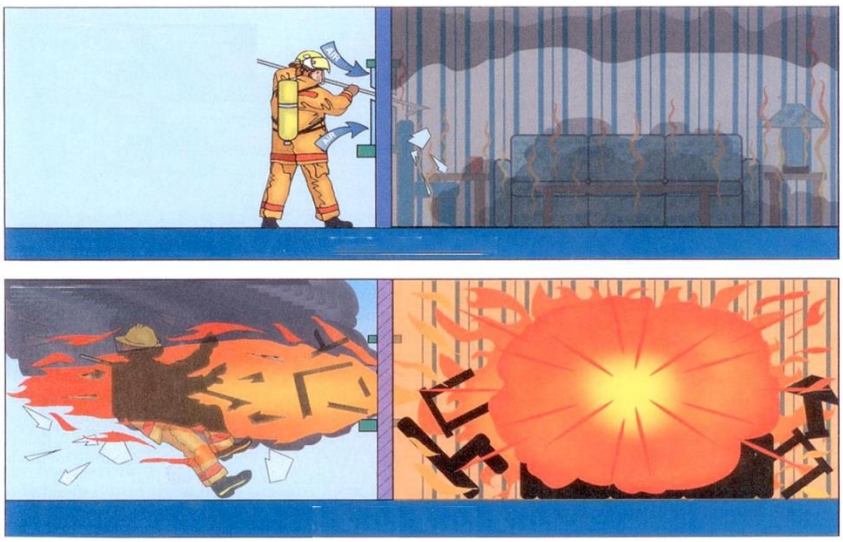


Рис. 1. Возникновение эффекта обратной тяги [1]

С целью минимизации воздействия на личный состав опасных факторов необходим комплексный подход, выражающейся как в обучении личного состава порядку действий при тушении таких видов пожаров, так и в разработке новых способов и средств, позволяющих повысить защищенность личного состава.

Одной из таких разработок является способ, заключающийся в снижении среднеобъемной температуры в горящем помещении за счет подачи в горящее помещение (огневой отсек) тонкораспыленной воды (водяного тумана), обладающего хорошими огнетушащими свойствами. Средний диаметр формируемых установкой капель составляет 170 *мкм*, попадая в зону с высокой температурой, они интенсивно испаряются, отводя большое количество теплоты от зоны горения, при этом также происходит разбавление пожарных газов образующимся паром и их охлаждение. Для предотвращения образования объемных вспышек и обеспечения безопасности личного состава, подача тонкораспыленной воды в горящее помещение осуществляется через ограждающие строительные конструкции за счет их разрушения потоком воды с абразивом, подаваемой под высоким давлением (рисунок 2) [4].

В виду того, что прорезаемое отверстие имеет размеры 2,3 *мм*, исключается приток кислорода в зону горения. Пожаротушение с применением гидроабразивной резки является относительно новым инструментом в борьбе с пожарами, и не может полностью заменить традиционное пожаротушение. Однако применение «водяного тумана» в отдельных ситуациях является единственным способом тушения, который способствует значительному снижению рисков для участников тушения пожара и повышению эффективности тушения пожара.



Рис. 2. Работа установки при подаче ОТВ через ограждающие конструкции в горящее помещение

В виду того, что резка конструкций происходит за счет смеси воды и абразивных частиц, то не вызывает искрообразования. Это условие позволяет применять установки пожаротушения в условиях образования взрывоопасных концентраций веществ, склонных к взрыву или возгоранию от малого источника горения.

Способ пожаротушения с гидроабразивной резкой реализован в установках пожаротушения, которыми оснащаются пожарные автомобили, передвижные контейнеры с пожарно-спасательным оборудованием. Установки пожаротушения могут размещаться и стационарно, например, на кораблях, для тушения трюмов и помещений, представляющих замкнутый объем.

Установки пожаротушения, устанавливаемые на пожарные автомобили, могут быть как основным средством тушения, так и дополнительным.

Пожарные автомобили легкого класса в виду своей маневренности могут оснащаться исключительно установками пожаротушения с гидроабразивной резкой, являющейся основным средством пожаротушения (рисунок 3).

Однако потребность в данных автомобилях сказывается и на объектах, подъезды к которым затруднены отсутствием дорог или объекты находятся в труднопроходимой местности. Для решения задач в области пожаротушения в данных условиях, были разработаны автомобили, выполненные на полноприводном шасси (рисунок 4).



Рис. 3. Автомобиль быстрого реагирования
с установкой гидроабразивной резки «Кобра»



Рис. 4. Мобильный комплекс «Гюрза» на шасси Silant

Инновационным решением, как с тактической, так и с экономической точки зрения стало интегрирование установок пожаротушения в конструкцию пожарной автоцистерны, что позволило, исходя из обстановки складывающейся на пожаре, выбирать какую систему задействовать в тушении (рисунок 5).



Рис. 5. АЦ-3,2-40/4 (43253) с установкой пожаротушения «Кобра»

В виду того, что установки пожаротушения могут осуществлять как локально-объемное тушение пожаров, так и поверхностное, они широко применимы на многих особо-важных и социально-значимых объектах.

Одним из условий эффективного применения автомобилей оборудованных установками пожаротушения с гидроабразивной резкой на объектах, на которых располагается большое количество электрооборудования под напряжением, является возможность его тушения. Возможность тушения пожаров под напряжением заключается в определении безопасных условий работы для участников тушения пожара, основным критерием которых являются возникающие токи утечки [5].

В связи с этим, для определения возможности применения при тушении пожаров электрооборудования установок пожаротушения с гидроабразивной резкой были проведены экспериментальные исследования, в результате которых удалось разработать формулы, описывающие зависимость возникающего тока утечки от расстояния и напряжения на электрооборудовании:

– для воды:

$$I = \frac{24{,}05 \cdot U^{0{,}9}}{\rho \cdot L^{0.95}} \qquad (1)$$

– для смеси воды и абразива:

$$I = \frac{8{,}17 \cdot U^{1{,}1}}{\rho \cdot L^{0.8}} \qquad (2)$$

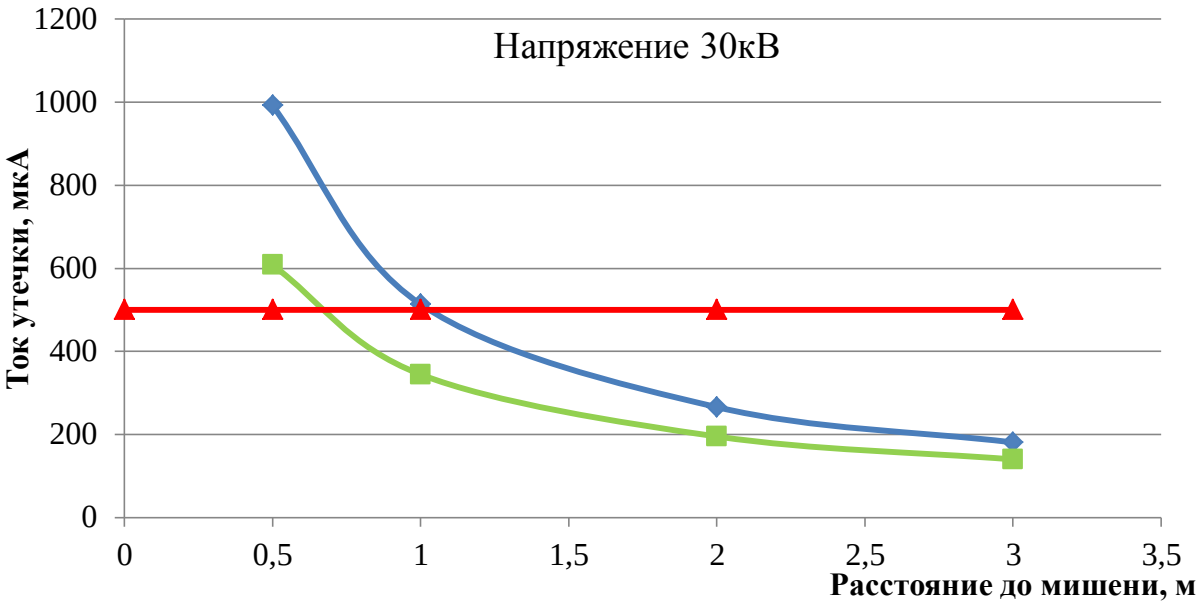


Рис. 6. Расчетные значения тока утечки для воды и смеси воды и абразива при напряжении 30кВ (в)

1 – Зависимость тока утечки для воды; 2 – Зависимость тока утечки для смеси воды и абразива; 3 – Значение тока утечки, ощутимое для человека

Исходя из полученных значений было установлено, что безопасной дистанцией, на которой допускается применение установок пожаротушения с гидроабразивной резкой является расстояние не менее 1 метра, при котором возникающий ток утечки не превышал ощутимое значение в 0,5мА. Исходя же из тактических условий, было установлено, что допускается тушение пожаров электрооборудования под напряжением установками пожаротушения с дистанции не менее 3 метров.

Общая же тактика применения автомобилей с гидроабразивной резкой подразумевает выполнение мероприятий по тушению пожаров совместно с тепловизионной разведкой и тактической вентиляцией.

По прибытию на пожар идет определение обстановки по внешним признакам, а также при помощи тепловизора, за счет чего происходит определение наиболее прогретых участков конструкций, либо, если есть возможность, определяется расположение очага (рисунок 7).



Рис. 7. Сканирование помещение тепловизором через оконные проемы

Если принято решение применять установку с гидроабразивной резкой, то при помощи тепловизора определяются наиболее рациональные места подачи огнетушащих веществ и осуществляется резка конструкций и пожаротушение (рисунок 8).

Чтобы добиться наибольшей эффективности тушения, следует выбирать места подачи огнетушащих веществ, где с большой долей вероятности будут отсутствовать препятствия на пути огнетушащей струи. Чаще всего это могут быть оконные или дверные проемы.



Рис. 8. Работа ствола установки при подаче огнетушащих веществ через строительные конструкции

Основным идентификатором смены обстановки внутри горящего помещения является пар, сменяющий дым и выходящий через щелевые отверстия помещения. При этом необходимо постоянно контролировать обстановку в помещении при помощи тепловизора.

После того, как все условия свидетельствуют о том, что обстановка внутри помещения безопасна для участников тушения пожара, происходит вскрытие горящего помещения, дотушивание оставшихся очагов и проливка конструкций. При этом устанавливается вентилятор, организующий подпор воздуха, что способствует удалению оставшегося дыма и пара, повешению видимости и снижению температуры. Методы тактического вентилирования могут применимы и на стадии тушения и при проведении спасения и эвакуации людей [6].

Применение автомобилей оборудованных установками пожаротушения с гидроабразивной резкой является хорошим подспорьем в борьбе с пожарами, позволяющим минимизировать воздействия опасных факторов пожара на личный состав, участвующий в тушении пожаров.

Возможности данной техники позволяют проводить не только эффективное пожаротушение, но и осуществлять проведение аварийно-спасательных работ за счет безыскровой резки потоком смеси воды и абразива.

Проведенные исследования позволили определить возможности применения рассматриваемых автомобилей при тушении пожаров электрооборудования под напряжением. Дальнейшим этапом исследований является определение возможности тушения пожаров на высоте, где требуется проведение экспериментальных исследований по потерям давления. Особенностью является то, что транспортируется не только вода, но еще и смесь воды и абразивных частиц.

Литература

1. *P. Grimwood, K. Desmet*, Interior Firefighting, CFBT, 2003;

2. Бобков, С.А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб.пособие / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.;

3. Методические рекомендации по тактике применения автомобилей, оборудованных установками пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки / М.В. Алешков, И.А. Гусев и др. – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2017. – 133 с.

4. Gsell, J.,Assessment of fire suppression capabilities of water mist - Fighting Compartment Fires with the Cutting Extinguisher, University of Ullster, 2010, 138 p.;

5. Алешков, М.В., Колбасин, А.А. Особенности развития и тушения пожаров, возникающих по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования [Текст] / М.В. Алешков, А.А. Колбасин // журнал пожары и чрезвычайные ситуации. – 2010. №3. – С. 54-57.

6. Методические рекомендации руководителю тушения пожара по организации и проведению тактической вентиляции зданий и сооружений при тушении пожаров и ликвидации последствий ЧС на территории города Москвы. – М.: ГУ МЧС России по г. Москве, 2014, 79 с.;

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Декина Милена Алексеевна, Ягодка Евгений Алексеевич

Проведен анализ действующего законодательства и определены условия разработки Специальных технических условий, содержащих противопожарные мероприятия. Выявлены способы разработки Специальных технических условий. На примере вопросов обеспечения пожарной безопасности при размещении детей на детских горках рассмотрена возможность применения результатов исследований при разработке Специальных технических условий.

Ключевые слова: пожарная безопасность, специальные технические условия, уникальная задача, время спуска, детская горка.

DEVELOPMENT OF SPECIAL TECHNICAL CONDITIONS ON THE BASIS OF THE RESULTS OF THE RESEARCH

Dekina Milena Alekseyevna, Yagodka Yevgeny Alekseyevich

The analysis of the current legislation and the conditions for the development of Special technical conditions containing fire safety measures. The ways of development of Special technical conditions identified. The possibility of applying research results in the development of Special technical conditions analyzed case study of fire safety for children on the children's roller coaster.

Keywords: fire safety, special technical conditions, a unique challenge, the descent, the slide.

В соответствии со ст. 6 Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожарная безопасность на объекте может быть обеспечена одним из способов: типовым, основанном на соблюдении всех нормативно-установленных требований пожарной безопасности, и расчетным, основанном на соблюдении требований, обоснованных результатами расчетов по оценке пожарных рисков (ст. 6 [1]).

Вместе с тем, в деятельности по обеспечению пожарной безопасности встречаются ситуации, когда установленные законом [1] способы не позволяют обеспечить пожарную безопасность на объекте в виду отсутствия типовых нормативных требований или несоответствия существующих методик оценки пожарных рисков условиям их применения [2].

В такой ситуации, действующим законодательством предусмотрена разработка Специальных технических условий, отражающих специфику обеспечения пожарной безопасности объектов и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий (далее - СТУ) [1, 3-6]. Необходимо отметить, что СТУ, разработанные по иным основаниям: отсутствие, либо невыполнение требований безопасности, содержащихся в нормативных документах добровольного применения (СНиПов, СП, НПБ и др.), «*по своей правовой природе являются ложными (ничтожными либо оспоримыми)*» [2].

Разработка таких СТУ является уникальной задачей, а объекты, для которых они разрабатываются – уникальными, поскольку включают ситуации, для которых отсутствует положительный опыт их решения.

Решением проблемы является разработка СТУ на основе результатов исследований (ч. 6 ст. 15 [4]), в том числе ранее проведенных (с. 156 [7]),

предметом которых являются достоверные знания о природе, проблемы и способах ее решения (с. 11 [8].)

В качестве примера применения знаний о природе отдельных физических процессов при решении уникальных задач рассмотрена проблема обеспечения пожарной безопасности людей при размещении детских развлекательных комплексов в зданиях торговли.

В последние годы в России активно развивается индустрия досуга. Развлечения притягивают посетителей - именно поэтому торговые центры (далее - ТЦ) стали размещать на своих площадях кинотеатры, боулинги, детские развлекательные комплексы, бильярды, аттракционы, игровые аппараты. По оценкам специалистов, интерес к детским игровым площадкам среди всех развлекательных зон приблизительно составляет 30% [9]. Поэтому детские развлекательные площадки присутствуют практически в каждом торговом центре. Однако, при их размещении в зданиях с ограждающими конструкциями, возникают вопросы обеспечения пожарной безопасности людей, в частности детей, поскольку требований пожарной безопасности для таких ситуаций в нормативных документах не предусмотрено, а существующие нормативно-закрепленные методики оценки пожарных рисков не позволяют расчетным путем определить возможность обеспечения своевременной эвакуации детей при их нахождении на детской горке, которая является одним из наиболее популярных объектов на детской площадке.

Проблема заключается в том, что существующие методики оценки пожарных рисков не содержат математических моделей, позволяющих определить расчетное время эвакуации детей при спуске с горки.

Для решения данной проблемы предлагается рассмотреть спуск ребенка с горки, представляющий собой не что иное, как движение тела под действием собственного веса по наклонной плоскости. Необходимо отметить, что такой подход ранее использовался зарубежными учеными для оценки геометрии безопасного спуска [10].

Рассмотрим и проанализируем режимы движения, силы, действующие на ребенка, представим функциональные зависимости, позволяющие выполнить расчеты отдельных элементов спуска.

В соответствии с отечественными требованиями, предъявляемыми к безопасности детских горок (п. 5.1 [11]), горка представляет собой конструкцию с наклонной поверхностью скольжения, по которой ребенок спускается вниз под действием силы тяжести. Конструктивно наклонную поверхность разделяют на 3 участка: стартовый (А), скольжения (В), конечный или финишный (С) (см. рисунок 1).

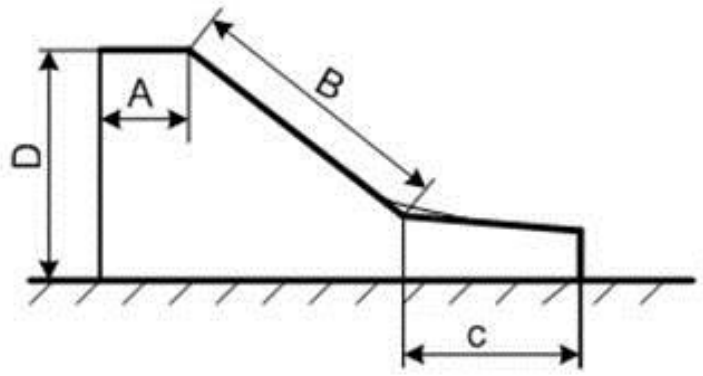


Рис. 1. Схема горки: A - стартовый участок; B - участок скольжения;
C - конечный участок; D - высота горки

При спуске с горки на ребенка, как на материальный объект, действуют гравитационные силы. Вид и распределение сил представлено на рисунке 2.

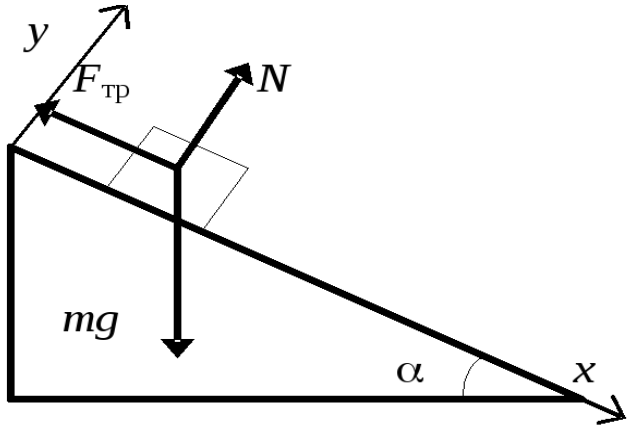


Рис. 2. Схема сил, действующих на объект, находящийся на прямолинейном наклоненном под углом α к горизонту участке гравитационного спуска

Для случая, представленного на рисунке 2, когда ребенок спускается с конструкции с наклонной поверхностью без изменения угла наклона поверхности скольжения [11], будем иметь:

$$-\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha = ma; \quad (1)$$

$$-\mu mg\cos\alpha + mg\sin\alpha - ma = 0, \quad (2)$$

где $-\mu mg\cos\alpha$ - это сила трения (коэффициент трения μ зависит от свойств соприкасающихся поверхностей и принимается согласно справочным данным, либо расчетом [12]),

$mg\sin\alpha$ – сила скольжения;

a – ускорение;

α – угол наклона горки относительно горизонтальной поверхности.

В соответствии с п. 5.5.2 [11] средний угол наклона участка скольжения не должен превышать 40°, максимальный угол наклона отдельного элемента участка скольжения не должен превышать 60°.

$$a = g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha; \quad (3)$$

Если за начальные условия принять t=0, V_0=0, S=0, тогда:

$$S = \frac{1}{2}(g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha)t^2; \quad (4)$$

Выполнив дифференцирование, получим:

$$V = (g\sin\alpha - \mu g\cos\alpha)t^2; \quad (5)$$

Результаты показали, что масса не влияет на скорость спуска.

На тело (ребенка) также влияет ряд дополнительных факторов, таких как сила сопротивления воздуха, форма горки, и т.д. С учетом этих факторов получим следующее выражение:

$$ma + kV - mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = 0; \quad (6)$$

Для определения влияния дополнительных факторов на скорость спуска проведем сравнение результатов расчетов с учетом коэффициента дополнительных сопротивлений (K=0,1 [10]) и без. Для этого найдем скорости спуска за определенный промежуток времени. Примем интервал времени равный 0,1 с. По результатам расчетов значения скорости отличаются незначительно, следовательно, силой сопротивления воздуха и формой горки можно пренебречь.

Таким образом, для расчета скорости спуска можно использовать формулу (5), следовательно, время спуска ребенка с горки будет зависеть от длины участка горки, материалов соприкасающихся поверхностей и от угла наклона участка горки:

$$t = \sqrt{\frac{2S}{9{,}8(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}, \quad (7)$$

Полученная аналитическим путем формула (7), позволяет произвести расчет времени спуска ребенка с горки, зная ее длину и угол наклона.

Например, для горки длиной 15 м под углом 60° и коэффициентом трения, равным 0,6, время спуска составит:

$$t = \sqrt{\frac{2*15}{9{,}8(\sin 60° - 0{,}6\cos 60°)}} = 7 \text{ с.}$$

Учитывая то, что горка может состоять из участков с разным углом наклона, определение общего времени спуска ребенка с горки может осуществлять суммированием времени спуска по отдельным наклонным участкам горки:

$$t_{\text{сп}} = \sum_{i=1}^{n} t_i \,, \tag{8}$$

где: $t_{\text{сп}}$ – общее время спуска с горки, с;

n – количество самостоятельных наклонных участков горки. Самостоятельным может считаться участок, равный длине отрезка в пределах одного значения угла наклона.

t_i – время спуска (движения) по самостоятельному участку, с. Определяется по формуле (7).

Данное время может быть учтено при определении расчетного времени эвакуации детей из игровой зоны, как время движения (спуска) ребенка по самостоятельному участку пути эвакуации.

Результаты проведенной работы позволили:

- подтвердить возможность эффективного использования результатов исследований, в том числе ранее проведенных, для решения уникальных задач, связанных с разработкой Специальных технических условий;

- предложить способ определения расчетного времени эвакуации детей при их нахождении на детской горке, основанный на физике процесса спуска материального объекта по наклонной плоскости;

- обосновать целесообразность дальнейшей работы в области решения уникальных задач на основе результатов исследований.

Результаты исследования позволили определить следующие перспективные направления работы:

- формирование информационной базы данных результатов отечественных и зарубежных исследований в области пожарной безопасности;

- функциональная организация информационной базы данных на основе концептуальной модели деятельности по обеспечению пожарной безопасности;

- разработка алгоритма применения функционально-организованной базы данных для проведения экспресс-исследований при решении уникальных задач;

- разработка информационно-аналитической поддержки обеспечения пожарной безопасности при разработке Специальных технических условий.

Литература

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";

2. В.И. Козлачков К проблеме разработки Специальных технических условий при проектировании строительства объектов национальной экономики. Материалы 22-й научно-технической конференции "Системы безопасности" - СБ-2013. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – С. 303-306;

3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

4. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;

5. Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию", утв. Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87;

6. Приказ Минстроя России от 15.04.2016 N 248/пр «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства»;

7. Козлачков В.И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ. – М.; Академия ГПС МЧС России, 2016. Деп. в ВИНИТИ РАН 10.02.2016 № 31-В2016.

8. Надзорная деятельность МЧС России: Курс лекций для магистров техники и технологии по специальности 280700 «Техносферная безопасность», профиль «Пожарная безопасность»; под общ. ред. В. И. Козлачкова / В.И. Козлачков, И.А. Лобаев, А.О. Андреев, А.В. Ершов, А.Ю. Хохлова и др.– М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 429 с;

9. В. Смирнов Торгово-развлекательные центры и комплексы. Электронный журнал «Маркетинг журнал 4p.ru». http://www.4p.ru;

10. Гуць В.С., Коваль О.А. Расчет детских гравитационных аттракционов;

11. ГОСТ Р 52168-2012 Оборудование и покрытия детских игровых площадок. Безопасность конструкции и методы испытаний горок. Общие требования;

12. Никольский Б.П. Издательство: Справочник химика,1963-1968;

13. Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных функциональной пожарной опасности.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПРОВИНЦИЙ ВЬЕТНАМА ПО СОСТОЯНИЮ ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

Дао Туан Ань, Минаев Владимир Александрович, Чу Минь Куок, До Хоа

На основе кластерного анализа проведена типологизация провинций Вьетнама по пожарной обстановке, определяемой многомерным комплексом факторов, включающих климатические, экономические, демографиче-

ские характеристики, а также показатели, связанные с урбанизацией, электрификацией, развитием торговли, транспортной доступностью. Кроме того, рассмотрены показатели кадрового потенциала и материально-технического оснащения противопожарной службы, предупредительной деятельности по предотвращению пожаров, последствий пожаров.

Ключевые слова: Вьетнам, провинция, многомерная типологизация, кластерный анализ, пожарный риск, пожарная обстановка.

CLUSTERING OF VIETNAM PROVINCES ON THE FIRE SITUATION

Dao Tuan An, Minayev Vladimir Aleksandrovich, Chu Min Kuok, Do Khoa

On the basis of cluster analysis typology of Vietnam's territories for fire situation was carried out. The typology is based on consideration of a multidimensional set of factors including climatic, economic, demographic characteristics as well as indicators associated with urbanization, electrification, development of trade, transport accessibility. In addition, indicators of personnel potential and material and technical equipping of the fire service, prevention of fires, effects of fires are considered.

Keywords: Vietnam, province, multidimensional classification, cluster analysis, fire risk, fire situation.

Введение

Вьетнам административно подразделяется на шесть социально-экономических округов: Дельта Хонгхи (Дельта Красной реки), Северный Мидлендс и горные провинции, Центральное побережье, Центральное нагорье, Юго-Восточный Вьетнам, Дельта Меконга. В свою очередь, округа включают 63 провинции, характеризующиеся существенно различными климатическими, экономическими, демографическими характеристиками, а также показателями, связанными с урбанизацией, электрификацией, развитием торговли, транспортной доступностью. Кроме того, в провинциях отличаются показатели кадрового потенциала и материально-технического оснащения противопожарных служб, предупредительной деятельности по предотвращению пожаров, тяжести последствий пожаров.

Такие различия характеристик провинций Вьетнама приводят к различающимся пожарным рискам по территории СРВ. И, в свою очередь, сказываются в необходимости совершенствования управления ресурсами противопожарных служб с учетом указанных различий в их деятельности, повышении эффективности борьбы с пожарами.

В этой связи возникает задача типологизации территорий (провинций) Вьетнама с помощью современных методов количественного анализа с целью выделения среди них групп, однородных по пожарным рискам [1-3]. Такая задача, как следует из научных источников, применительно к СРВ не решалась, в то время, как методы кластеризации довольно развиты [4, 5].

Постановка задачи кластеризации

Пусть X — множество территорий (провинций) Вьетнама, Y — множество кластеров. Задана функция расстояния между территориями $\rho(x_i, x_j)$, где i, j – индексы территорий; $i=1,\ldots,n;\ j=1,\ldots,n;$ n – общее количество территорий $X=\{x_i\}$.

Требуется разбить множество территорий X на непересекающиеся подмножества $Y^1 \cup Y^2 \cup \ldots Y^M = X$, называемые *кластерами* Y^m, (m=1,…,M); так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике ρ, а объекты разных кластеров существенно отличались по той же метрике. При этом каждому объекту $x_i \in X$ приписывается еще и номер кластера $x_{im};\ m=1,\ldots,M$.

Факторы детерминации пожарной опасности во Вьетнаме

Исходя из результатов анализа факторов, определяющих состояние пожарных рисков на территориях Вьетнама, предлагается для решения задачи их типологизации по состоянию пожарной опасности опираться на следующую схему, отражающую факторный комплекс детерминации пожаров в стране (рисунок 1).

В обоснование факторного комплекса легли результаты экспертных процедур по отбору практиками и научными работниками показателей, наиболее полно характеризующих пожарные риски в провинциях Вьетнама, а также результаты научных работ.

Результаты кластеризации провинций Вьетнама

Авторами решена указанная задача с помощью метода кластеризации Варда с метрикой в виде расстояния Манхэттена. Для этого с использованием корреляционного анализа для устранения сильно связанных показателей, характеризующих провинции, была выбрана матрица (размером 63 провинции, 45 характеристик), отражающая детерминанты пожарных рисков. При этом рассмотрена динамика характеристик с 2006 по 2015 годы и при типологизации использован усреднённый показатель каждой из них за те же годы [3].



Рис. 1. Факторный комплекс детерминации пожаров во Вьетнаме

На основе результатов кластеризации провинции Вьетнама по характеристикам пожарной обстановки из шести округов страны распределились по пяти однородным кластерам (таблица 1).

В процессе решения задачи кластеризации три из пяти кластеров (№ 1, № 2 и № 5) формируются из провинций только одного округа - а именно, Центрального побережья, Северного Мидлендса и горных провинций, Центрального нагорья. Кластер № 3 на 73% сформирован из провинций Дельты Хонгхи (Дельты Красной реки), а кластер № 4 на две трети состоит из провинций Дельты Меконга и на одну треть из провинций Юго-Восточного округа.

Таблица 1 – Распределение провинций Вьетнама по кластерам.

Округ / Кластер	Дельта Хонгхи (Дельта Красной Реки)	Северный Мидлендс и горные провинции	Центральное побережье	Центральное нагорье	Юго-Восточный	Дельта Меконга	Всего провинций
Кластер № 1	0	0	**12**	0	0	0	**12**
Кластер № 2	0	**12**	0	0	0	0	**12**
Кластер № 3	**11**	**2**	**2**	0	0	0	**15**
Кластер № 4	0	0	0	0	**6**	**13**	**19**
Кластер № 5	0	0	0	**5**	0	0	**5**
Всего провинций	**11**	**14**	**14**	**5**	**6**	**13**	**63**

На рисунке 2 приведена итоговая кластеризация провинций Вьетнама по комплексу факторов, определяющих в них пожарные риски.

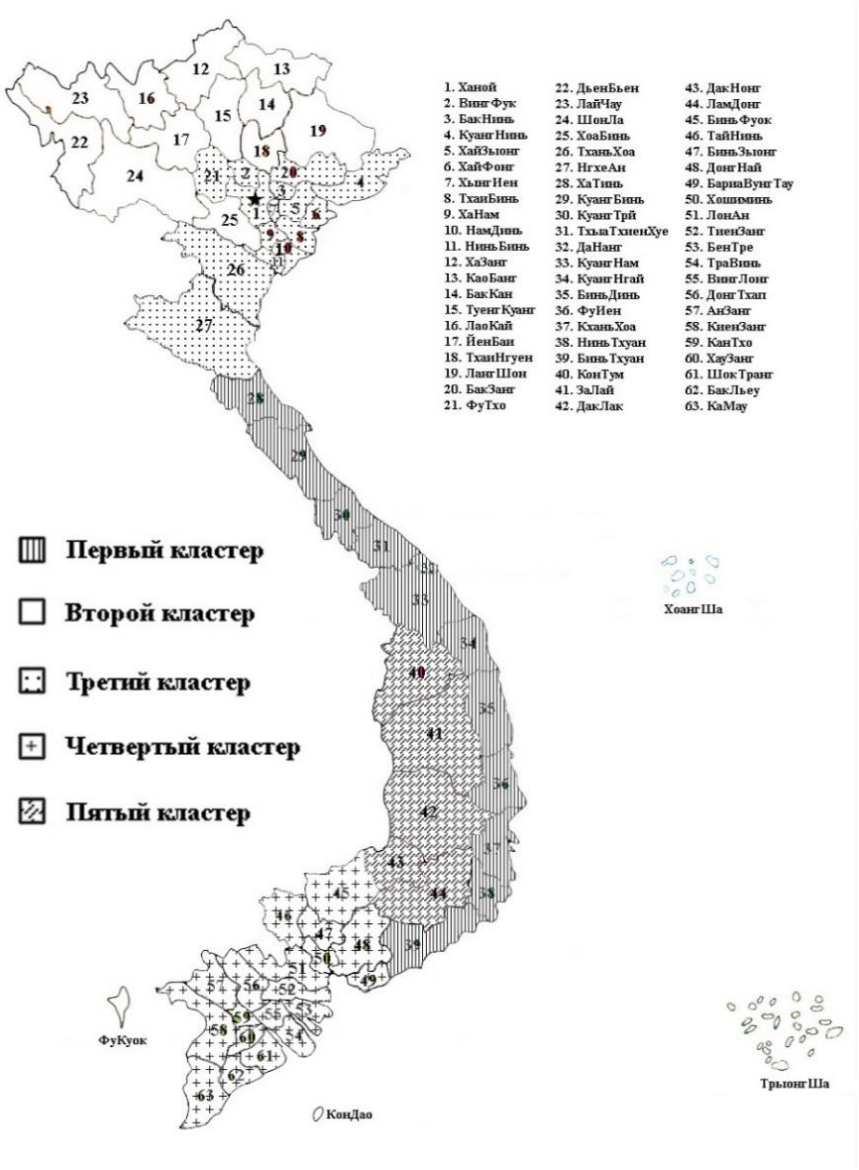


Рис. 2. Комплексная типология территорий Вьетнама
по состоянию пожарной опасности

Выводы

1. Очевидна компактность расположения выделенных кластеров, позволяющая более четко готовить и принимать управленческие решения при:

- определении условий деятельности противопожарных служб;
- сравнительной оценке эффективности указанной деятельности;
- учете территориальных различий пожарной обстановки при распределении центральными органами ресурсов (кадровых, материально-технических, финансовых);
- управлении ресурсами при проявлении опасных трендов пожарной обстановки.

2. Анализ результатов кластеризации дает возможность делать научно обоснованные выводы и практические рекомендации для органов власти и чрезвычайных служб Вьетнама, включая его противопожарную службы, применительно к провинциям, имеющим сходство по природным, погодным и климатическим условим, ситуации социально-экономического развития, пожарной обстановке и ресурсному обеспечению названных служб.

Литература

1. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". 2016. Выпуск № 1 (65). - 9с. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-1/32-01-16.ttb.pdf.

2. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Дао Ань Туан. Информационное обеспечение задачи типологизации территорий Вьетнама по пожарной обстановке // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". 2017, №1 (71). - 10с. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-1/41-01-17.ttb.pdf.

3. Минаев В.А., Топольский Н.Г., Симаков В.В., Дао Ань Туан. Результаты типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной обстановке // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". 2017, №4 (74). - 11с. URL: http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-4/05-04-17.ttb.pdf.

4. Ким Дж. О., Мьюллер Ч. У, Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

5. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДСЛОЙНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ СПИРТОСОДЕРЖАЩИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Фещенко Александр Николаевич, Рахманин Олег Константинович

Предложен лабораторный способ выявления пригодности пенообразователей для тушения спиртосодержащих нефтепродуктов, основанный на определении пенообразующей способности рабочего раствора, содержащего в своем составе спирт.

Ключевые слова: подслойное пожаротушение; кратность пены; тушение пожаров нефтепродуктов

DETERMINING THE SUITABILITY OF FOAMING AGENT FOR SUBSURFACE FIRE SUPPRESSION OF ALCOHOL-CONTAINING PETROLEUM PRODUCTS

Feshchenko Aleksandr Nikolayevich, Rakhmanin Oleg Konstantinovich

The proposed laboratory method of identifying the suitability of foaming agent for subsurface fire suppression of alcohol-containing oil products based on determining the foaming ability of the working solution, containing in its composition the alcohol.

Keywords: sublayer fire extinguishing; frequency rate of foam; fire extinguishing of oil products.

Условием успешного тушения спиртосодержащих бензинов является полное покрытие поверхности горючей жидкости слоем пены. Это обусловлено тем, что для предотвращения доступа горючих паров и газов в зону горения необходимо полностью покрыть поверхность горючей жидкости слоем пены [1]. Проблема покрытия пеной поверхности возникает при тушении оксигенированных водорастворимых горючих жидкостей по причине отсутствия пленкообразующего действия пены, полученной на основе раствора пенообразователей типа AFFF. Связано это с процессами экстракционного взаимодействия горючей жидкости с рабочим раствором пенообразователя пенных каналов противопожарной пены [2].При прохождении пены через слой горючей жидкости, спирт, находящийся в топливе по закону распределения Нернста распределяется между двумя несмешивающимися фазами, одной из которых является само топливо, а другой – рабочий раствор пенообразователя. Коэффициент распределения в основном зависит от природы жидкостей и температуры. В стандартных условиях растворимость изопропилового спирта в рабочем растворе пенообразователя выше не более чем в четыре раза растворимости спирта в углеводородном бензине. Возникает ситуация при которой для успешного тушения требуется применять пенообразователи, сохраняющие свою поверхностную активность в водно-спиртовой среде. Экспериментальным путем установлено, что коэффициент распределения изопропилового спирта между фазами спиртосодержащий бензин – рабочий раствор пенообразователя при температуре 22±2 $^{\circ}C$ составляет величину 3,6±0,2 единиц. Таким образом, появляется возможность оценить максимально-возможную концентрацию спирта в пенных каналах после прохождения пены через слой топлива с определенной концентрацией спирта. В работе [3], выполняемой под руководством Шароварникова А.Ф., установлено, что причиной разрушения водных пен, полученных на основе углеводородных пенообразователей при контакте с низкомолекулярными спиртами, является потеря молекулами пенообразователя собственной поверхностной активности. Это происходит при превышении некоторой предельной концентрации. Наиболее простым способом оценки поверхностной активности пенообразователя является определение его пенообразующей способности в присутствии низкомолекулярных спиртов.

Так, для модельного топлива с 10% об. содержанием изопропилового спирта концентрация спирта в рабочем растворе может достигать величину до 35%. Возникает вопрос: если рабочий раствор пенообразователя, с содержанием спирта, не дает требуемую кратность пены, то пригоден ли он для тушения спиртосодержащего топлива? Для ответа на поставленный вопрос, был проведен эксперимент по определению пенообразующей способности пенообразователей, с различным процентным содержанием изопропилового спирта в рабочем растворе. Исследовались три образца пенообразователя типа AFFF. Выбор в пользу фторсодержащих пенообразователей обусловлен их огнетушащей эффективностью по ряду показателей над углеводородными [4]. Для оценки взаимосвязи между пенообразующей способностью и процессом прекращения пламенного горения проведены испытания по тушению спиртосодержащих модельных топлив подслойным способом.

Исследования по определению пенообразующей способности проводятся в следующей последовательности. Приготавливается рабочий раствор пенообразователя заданной рабочей концентрации, на основе пенообразователя, воды и изопропилового спирта. Полученный раствор заливают в электромеханическое устройство, и в течение 30 *с* получают пену. Фиксируется объем полученной пены. Определяется кратность. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

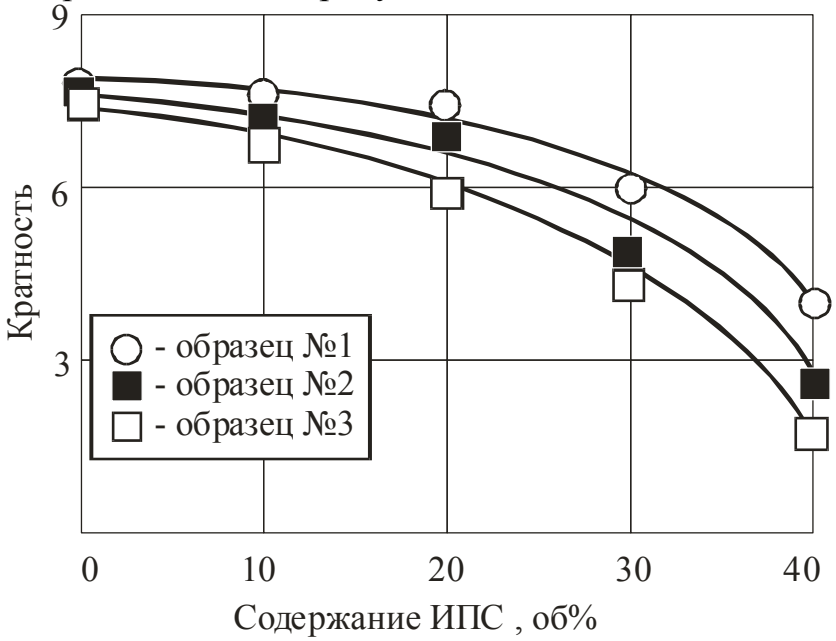


Рис. 1. Влияние концентрации спирта в рабочем растворе пенообразователя на кратность пены

Как видно из графика, при содержании спирта в рабочем растворе до 20% показатель кратности снижается не значительно. Однако, как только содержание спирта увеличивается и превышает 30%, заметны существенные различия в пенообразовании. Так, при 40% процентном содержа-

нии спирта в рабочем растворе, кратность образца №1 на ~2 единицы выше кратности образца №1 и составляет около 4 единиц.

Результаты экспериментальных исследований по тушению спиртосодержащих топлив показали, что прекращение горения модельного топлива с содержанием спирта 10% об. происходит только при использовании пены на основе образца пенообразователя №1. Пена на основе образцов пенообразователей №2 и №3 ликвидировала горение спиртосодержащих топлив с максимальной концентрацией спирта 7,5% об. Полученные результаты, позволяют сделать вывод, что для подслойного тушения спиртосодержащих топлив требуется использование пенообразователя, на основе которого, в присутствии в рабочем растворе спирта, образуется пена кратностью не менее 4 единиц устойчивая к контакту с органическими растворителями.

Предлагаемая методика позволяет, до проведения полигонных испытаний, оценить пригодность пенообразователя для подслойного пожаротушения спиртосодержащих нефтепродуктов. Данная методика позволила сделать выбор пенообразователей, для проведения исследований по изучению влияния кратности пены при подслойном пожаротушении спиртосодержащих моторных топлив.

Литература

1. Шароварников А.Ф., Воевода С.А., Молчанов В.П., Шароварников С.А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / – М.: Калан, 2002. – 448 с.

2. Саутиев М.И., Макаров С.А., Битуев Б.Ж., Молчанов В.П. О механизме разрушения пены для тушения пожара экстракционно-разделяемых спиртосодержащих топлив // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 5 (63). – С. 7.

3. Шароварников А.Ф., Астапов А.Н. / Пенообразование из водно-органических растворов // Пожаротушение. Сб. научн. тр. М.: ВНИИПО, 1985, С. 76-91.

4. Хиль Е.И., Саутиев М.И., Шароварников А.Ф., Бастриков Д.Л. Сравнительная огнетушащая эффективность углеводородных и фторсодержащих пенообразователей // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – № 2. – С. 71–75.

ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВНУТРЕННИХ И ПРИВЛЕКАЕМЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ СЛУЖБ ПРИ ПОЖАРАХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Прошина Ольга Михайловна

Предлагается рассмотреть основные проблемы обеспечения пожарной безопасности образовательных комплексов, расположенных на территории Российской Федерации в городах, региональных центрах и сельских поселениях.

Ключевые слова: Пожарная безопасность, образовательные комплексы, мероприятия по обеспечению мер пожарной безопасности, локализация и тушение пожаров в образовательных комплексах.

THE PROBLEM OF INTERACTION BETWEEN INTERNAL AND OUTSOURCED SPECIAL SERVICES AT FIRES AND EMERGENCY SITUATIONS IN THE EDUCATIONAL COMPLEXES

Proshina Olga Mikhaylovna

It is proposed to consider the main problems of ensuring fire safety of educational complexes located on the territory of the Russian Federation in cities, regional centers and rural settlements.

Keywords: Fire safety, educational complexes, measures to ensure fire safety measures, localization and extinguishing of fires in educational complexes.

Реформирование в социальной сфере нашей страны коснулось также и образования. Основным мотивом реформы образовательных учреждений стало их укрупнение и объединение. Объединяют не только несколько школьных организаций в единый комплекс, но и присоединяют к школе дошкольные учреждения. Таким образом, получается единый образовательный комплекс, который может состоять из нескольких дошкольных образовательных учреждений и школ. Образовательный комплекс – это совокупность разных зданий, находящихся на одной территории (2-3 детских сада объединены с 2-3 школами). На данный момент в Москве создано 255 образовательных комплексов (рис.1).

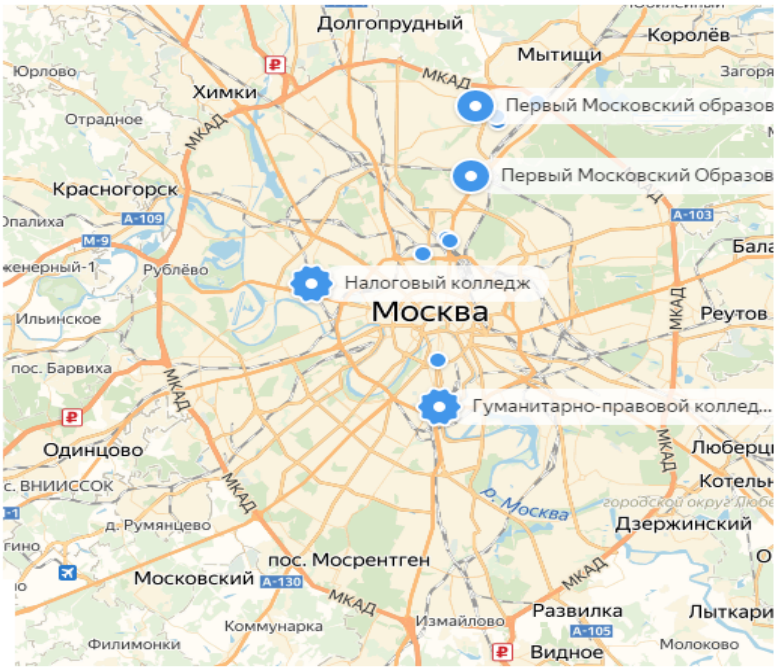


Рис. 1. Карта Москвы с местоположением образовательных комплексов

Ответственность за исполнение правил противопожарного режима несет руководство комплекса. Кроме этого, частичная ответственность возлагается на ответственных лиц за кабинеты [1]. Обеспечение пожарной безопасности является важнейшей обязанностью каждого руководителя и всех работников образовательных учреждений.

Ежегодно регистрируемые пожары в учебных заведениях сопровождаются человеческими жертвами и крупными материальными потерями. Согласно статистическим данным, количество пожаров снижается из года в год, но, тем не менее, продолжают оставаться на высоком уровне (табл.1), (рис.2).

Таблица 1. Распределение числа пожаров в городах Российской Федерации за 2012-2016 гг. в зданиях учебно-воспитательного назначения

Объект пожара	**Количество пожаров, ед. % от общего количества пожаров**				
	2012	2013	2014	2015	2016
Здания учебно-воспитательного назначения	**242** 0,2	**208** 0,2	**163** 0,2	**215** 0,2	**164** **0,2**



Рис. 2. Диаграмма распределения числа пожаров в городах Российской Федерации за 2012-2016 гг. в зданиях учебно-воспитательного назначения

Проводимый анализ данных показывает, что причиной пожаров становятся:

- несоблюдение или незнание элементарных правил пожарной безопасности и бесконтрольность со стороны должностных лиц;
- неудовлетворительное состояние электрических сетей и инженерного комплекса объекта в целом;
- неуверенные, некомпетентные действия лиц, обнаруживших признаки загорания;
- незнание четкого алгоритма действий при возникновении пожара или чрезвычайной ситуации.

Пожарная безопасность является одним из приоритетных направлений обеспечения всесторонней безопасности образовательной среды в связи с оптимизацией и укрупнением объектов, начиная от регионально удаленных комплексов разбросанных по всей территории страны и заканчивая образовательными комплексами крупных городов и мегаполисов [2].

На текущий момент, для обеспечения пожарной безопасности образовательных комплексов внедряются и используются:

- технические средства охранной, пожарной и тревожной сигнализации;
- системы видеоконтроля и наблюдения;
- системы управления инженерным комплексом объекта;
- поисковые устройства;
- технические средства связи.

Также, для своевременного оповещения о пожаре предусмотрено:

- система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- диспетчеризация всего инженерного комплекса объекта с постоянным пребыванием сотрудника на центральном посту пожарной охраны;
- вывод сигнала «ПОЖАР» с помощью системы «Стрелец-Мониторинг» на пожарную часть.

На сегодняшний день современные технические средства обеспечения безопасности образовательных комплексов предполагают расширенную охранную и защитную функции, однако, возникла другая проблема – порядок взаимодействия должностных лиц при пожарах и чрезвычайных ситуациях на территории комплексов [3]. Проблема возникла в связи с тем, что предварительно практически не были подготовлены необходимые документы и инструкции по формированию основ организации систем безопасности для нового типа объектов. В результате, на текущий момент, при возникновении чрезвычайных ситуаций или пожара на территории комплексов, порядок взаимодействия внутренних и привлекаемых специальных служб действуют «по старинке», что уже является нарушением.

При этом действующие лица вынуждены в обязательном порядке ждать решения ответственных администраторов комплексов (рис. 3).



Рис. 3. Управление системой пожарной безопасности образовательного комплекса из административного здания

В связи с возникшей проблемой, предлагается разработать модель и алгоритмы информационно-аналитической системы управления пожарной безопасности в образовательных комплексах. Данная разработка повысит эффективность взаимодействия должностных лиц при пожаре, выработает организационные решения в случае пожара или чрезвычайных ситуаций, сформирует коллективную устойчивость обучающихся, преподавателей и персонала к происшествиям, создаст необходимые условия для повышения эффективности учебного и воспитательного процесса и качества деятельности всего комплекса в целом. Значительно увеличит количество возможных вариантов обеспечения пожарной безопасности образовательных комплексов и позволит более эффективно формулировать список мероприятий по управлению пожарной безопасностью.

Литература

1. Клепинина Т. Пожарная безопасность // ОБЖ. - 2003.

2. Петрошенко А.И., Петрошенко С.Ю. Правовые аспекты обеспечения комплексной безопасности образовательной среды // М.: Московский городской психолого-педагогический университет, 2015.

3. Прошина О.М. Проблемы обеспечения пожарной безопасности образовательных комплексов мегаполисов // Матер. 26-й междунар. научн.-техн. конф. «Системы безопасности - 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 419-421.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПРИ ТУШЕНИИ ТГМ И ЛВЖ

Петров Филипп Васильевич, Туяков Бахыт Куанышевич, Соловьев Сергей Владимирович, Смирнов Алексей Викторович

Рассматриваются результаты исследований тушения порошковыми составами с использованием модуля импульсного порошкового пожаротушения.

Ключевые слова: порошковые огнетушащие составы, тушение легковоспламеняющихся жидкостей, тушение твердых горючих материалов, модуль импульсного пожаротушения.

PRELIMINARY EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF THE USING OF DRY CHEMICAL FIREFIGHTING SYSTEM FOR EXTINGUISHING SOLID COMBUSTIBLE MATERIALS AND FLAMMABLE LIQUIDS

Petrov Filipp Vasilyevich, Tuyakov Bakhyt Kuanyshevich, Solovyev Sergey Vladimirovich, Smirnov Aleksey Viktorovich

This article is devoted to compositions of extinguishing powder with using the module of dry chemical firefighting.

Keywords: powder fire extinguishing compounds, the extinguishing of flammable liquids, extinguishing solid combustible materials, the module of pulse fire.

В настоящее время довольно широко используется порошковое тушение пожаров, в связи с чем появляются новые виды порошков. Перед вводом в эксплуатацию они проходят различные испытания, в том числе и на огнетушащую способность. В настоящее время самыми распространенными методами испытаний порошковых составов на огнетушащую способность являются полигонные испытания.

В ходе выполнения выпускных квалификационных работ в Академии ГПС МЧС России была разработана методика, а также экспериментальная установка для проведения лабораторных исследований по определению огнетушащих свойств порошковых составов при объемном тушении модельных очагов пожара. Методика имеет следующие преимущества по сравнению с полигонными испытаниями:

- установка проста в эксплуатации и управляется одним оператором;
- установка дает возможность увеличивать и уменьшать количество огнетушащего порошка, в зависимости от класса и размеров очага пожара и объемов камеры сгорания за счет наращивания камеры хранения порошка;
- для проведения одного испытания требуется небольшое количество расходных материалов (огнетушащий порошок, алюминиевая фольга-мембрана, горючее вещество и газ, вытесняющий порошковую смесь);
- время проведения одного испытания и получения результатов по данной методике намного меньше, чем время, которое затрачивается при полигонных испытаниях;
- установка не зависит от погодных условий (осадков и ветра), что позволяет получить более точные результаты;
- установка позволяет её применять для комбинированного тушения, например, использование огнетушащего порошка и инертного газа;
- создание установки и её эксплуатация не требует больших финансовых и физических затрат.

В ходе проведения экспериментов и анализа результатов были получены значения минимальной концентрации огнетушащего порошка при тушении ТГМ и ЛВЖ. Были построены графики зависимости времени тушения от концентрации огнетушащего порошка при площади поверхности горения $S_{пг}$=0,0216 м^2 (рис. 1), зависимости концентрации огнетушащего порошка в объеме камеры сгорания от площади поверхности горения очага пожара класса В (рис. 2) и диаграмма концентрации огнетушащего порошка в объ-

еме камеры сгорания при разных площадях поверхности горения очага пожара класса А (рис. 3).

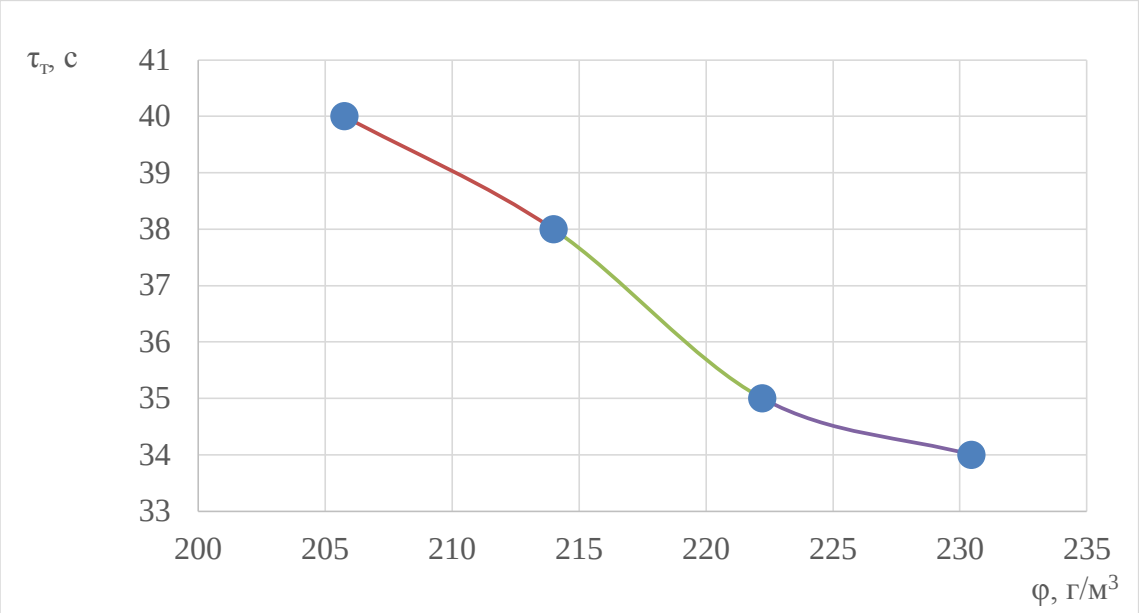


Рис. 1. График зависимости времени тушения от концентрации огнетушащего порошка при площади поверхности горения $S_{пг}$=0,0216 м^2

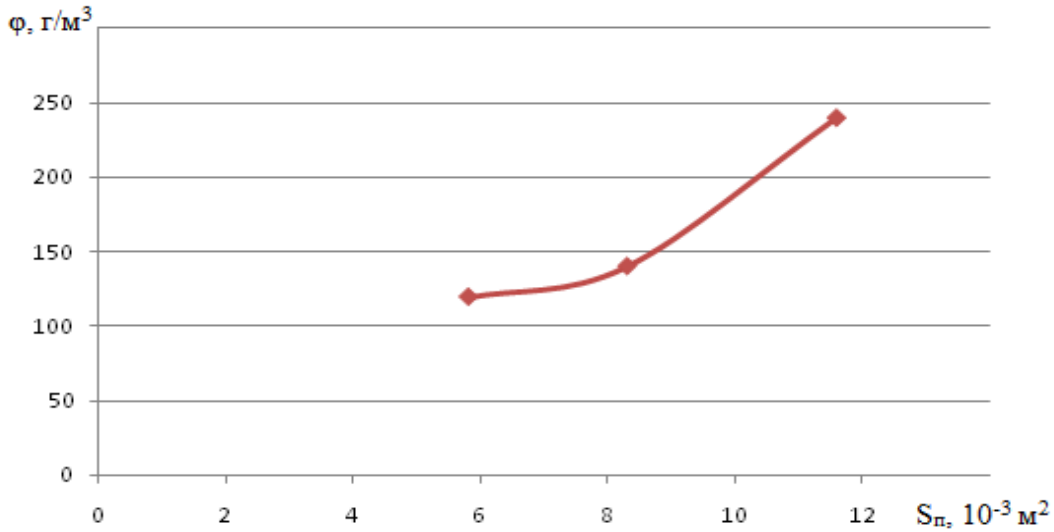


Рис. 2. График зависимости минимальной огнетушащей концентрации порошка в объеме камеры сгорания от площади поверхности горения очага пожара класса В

Основным различием тушения ТГМ и ЛВЖ явилось то, что тушение ЛВЖ происходит практически сразу, в то время как тушение штабеля из древесины при минимальной огнетушащей концентрации порошка заняло 40 секунд.



Рис. 3. Диаграмма минимальной огнетушащей концентрации порошка в объеме камеры сгорания при разных площадях поверхности горения очага пожара класса А

Таким образом, при помощи данной установки можно находить минимальную огнетушащую концентрацию огнетушащего порошкового состава и получать достоверные данные по огнетушащей эффективности порошковых составов.

РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОЙ ФЛЕГМАТИЗИРУЮЩЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФОТОТЕПЛОВОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ СМЕСЕЙ ХЛОРМЕТАНА С ХЛОРОМ

Крымский Александр Сергеевич, Беликов Анатолий Константинович, Грохотов Михаил Андреевич

В работе представлен теоретический метод расчета минимальной флегматизирующей концентрациис помощью математической модели фототеплового взрыва. Сравнение результата расчёта с экспериментом показало, что разработанная модель в целом правильно отражает переход реагирующей системы из стационарного режима во взрывной и может быть использована для расчета параметров пожарной опасности газовых смесей.

Ключевые слова: Vинимальная флегматизирующая концентрация, фотовоспломенение, хлорметан, теоретический расчет, математическая модель, ультрафиолетовое излучение.

CALCULATION OF THE MINIMUM FLEGMATIZING CONCENTRATION OF PHOTO-THERMAL INFLAMMATION OF CHLORMETHANE-CHLORINE MIXTURES

Krymsky Aleksandr Sergeyevich, Belikov Anatoly Konstantinovich, Grokhotov Mikhail Andreyevich

The possibility of using the mathematical model of a photothermal explosion developed on the basis of an analysis of the kinetics and the radical chain mechanism of a multi-stage chloromethane chlorochlorination reaction for calculating fire hazard parameters is shown. The minimum phlegmatizing concentrations of chloroform and carbon tetrachloride for mixtures of chloromethane and chlorine have been calculated. The calculated values are compared with their experimental values. The divergence of values does not exceed 5%.

Keywords: Minimum phlegmatizing concentration fotovosplomenenie, chloromethane, theoretical calculation, mathematical model, ultraviolet radiation.

Наряду с экспериментальными измерениями параметров пожарной опасности на равных условиях с ними часто используются теоретические расчеты с использованием математической модели[1, 2], описывающей процесс воспламенения и распространения пламени основанное на уравнении теплопроводности, которое для цилиндрического реакционного сосуда приведенного на рисунке 1 имеет вид:

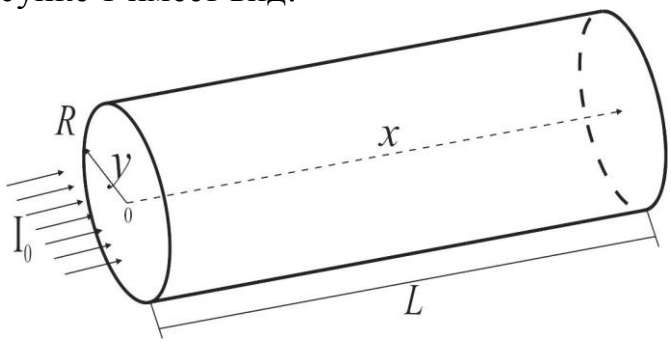


Рис. 1. Схема фотореактора

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2}\right) + \frac{q(1-\eta)}{c\rho} \qquad (1)$$

где, q–скорость тепловыделения, λ, c, ρ – коэффициент теплопроводности, молярная теплоёмкость и плотность реакционной смеси;

η – коэффициент теплопотерь;

x, r – координаты точки в цилиндрическом реакционном сосуде.

$0 \le x \le L$; $0 \le r \le R$

Начальные и граничные условия следующие:

$$T\,(x, r, 0)=T_0,\ [Cl_2]\,(x, r, 0) = [Cl_2]_0, T_c\,(L, r, \tau) = T_0,\ T_c\,(0, r, \tau) = T_0,\ T_c\,(x, R, \tau) = T_0 \quad (2)$$

Из анализа механизма и кинетики реакции фотохлорирования хлорметана получили выражение для скорости тепловыделения с учетом много стадийности, процесса:

$$q = W_I \cdot Q_I + W_{II} \cdot Q_{II} + W_{III} \cdot Q_{III}, \quad (3)$$

где W_I, W_{II}, W_{III}, – скорости стадий хлорирования (4 – 6);

$$W_I = \frac{d[\mathrm{CH_2Cl_2}]}{d\tau} = k_{21}[\mathrm{CH_3Cl}][\mathrm{Cl}], \quad (4)$$

$$W_{II} = \frac{d[\mathrm{CHCl_3}]}{d\tau} = k_{31}[\mathrm{CH_2Cl_2}][\mathrm{Cl}], \quad (5)$$

$$W_{III} = \frac{d[\mathrm{CCl_4}]}{d\tau} = k_{41}[\mathrm{CHCl_3}][\mathrm{Cl}], \quad (6)$$

где k_{ij} – константы скорости реакций [3].

Q_I, Q_{II}, Q_{III}, – тепловые эффекты этих реакций рассчитанные по закону Гесса.

Скорость инициирования реакции учитывающую термическую и фотодиссоциацию молекул хлора, равна:

$$W_i = 2\varepsilon[\mathrm{Cl_2}] \cdot I_0 \cdot K_{\mathrm{oc}} \cdot \exp(-\varepsilon \cdot [\mathrm{Cl_2}] \cdot x) + 2k_{\mathrm{т}}\, exp\left(-\frac{E_{\mathrm{т}}}{RT}\right)[\mathrm{M}][\mathrm{Cl_2}]. \quad (7)$$

Решение дифференциального уравнения теплопроводности проводили численным методом с использованием конечных разностей с равномерной сеткой и явной конечно-разностной схемы [4], приведенной на рисунке 2.

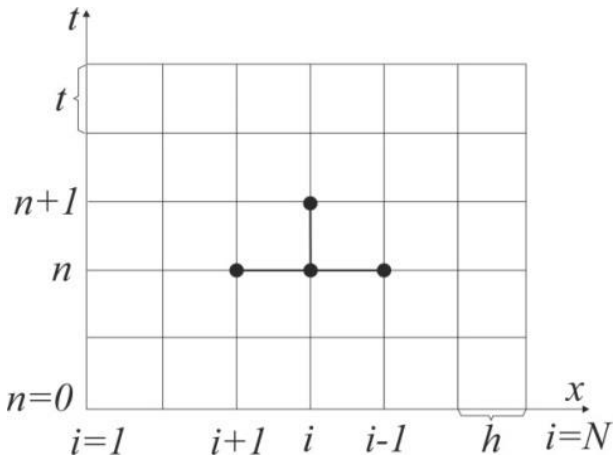


Рис. 2. Шаблон явной четырёхточечной разностной схемы

Производные в уравнении теплопроводности заменены на их конечно-разностные аналоги уравнения (8 – 11):

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta \tau} \quad (8)$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = \frac{T_j^{n+1} - T_j^n}{\Delta h} \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{4\Delta h^2} \quad (10)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} = \frac{T_{j+1}^{n+1} - 2 \cdot T_j^{n+1} + T_{j-1}^{n+1}}{4\Delta h^2} \quad (11)$$

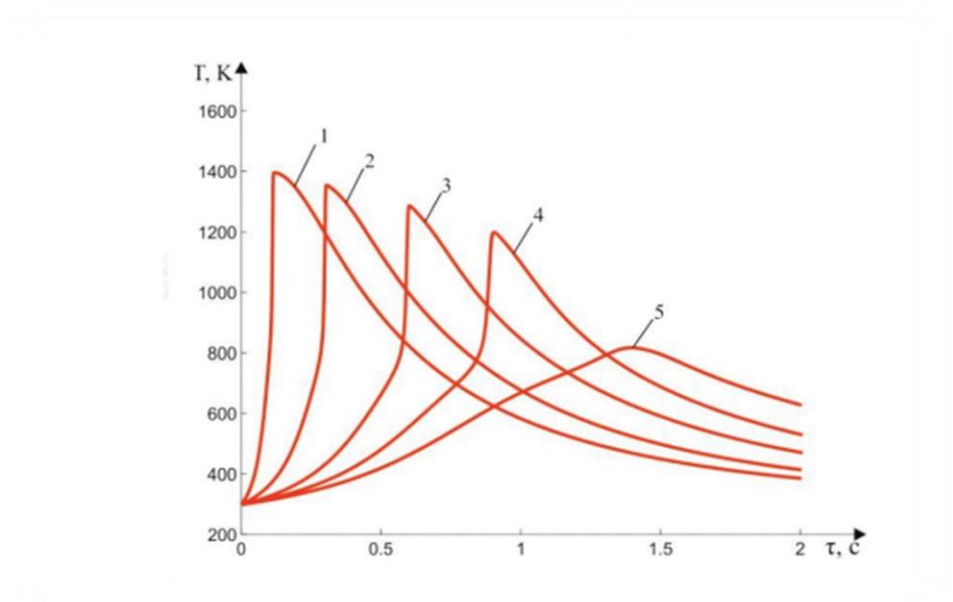
Шаг интегрирования по временной координате выбирали из условия устойчивости[5] по формуле (12):

$$\Delta \tau < \frac{\rho c \Delta h^2}{2\lambda} \quad (12)$$

Для предотвращения воспламенения реакционной смеси при фотохлорировании в смесь вводят флегматизатор в количестве, обеспечивающем негорючесть смеси.

При хлорировании хлорметана в качестве флегматизаторов удобно использовать негорючие продукты этого же ряда трихлорметан (хлороформ) и тетрахлорметан (четырёххлористый углерод).

Расчеты производили для смесей с различным содержанием хлорметана и флегматизатора. На рисунке 3 представлены зависимости температуры от времени для смеси $0.30CH_3Cl + 0.70Cl_2$ при различном содержании флегматизатора – хлороформа.



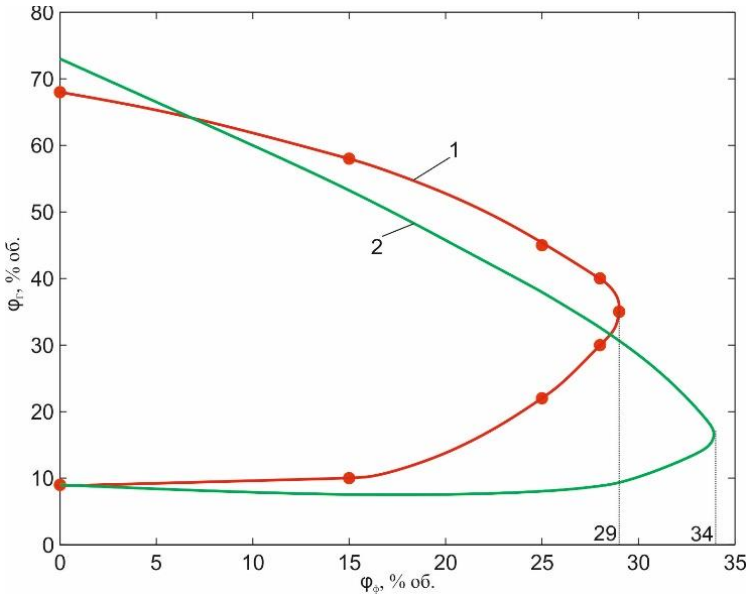
1 –10 % об.; 2 – 15% об.; 3 – 20% об.; 4 – 25% об.; 5 – 30% об.

Рис. 3. Зависимость температуры от времени для смеси $0.30CH_3Cl + 0.70Cl_2$ при различном содержании флегматизатора – хлороформа

Из зависимостей видно, что при увеличении концентрации флегматизатора максимальная температура разогрева смеси уменьшается, а время её достижения увеличивается. Из зависимостей, приведенных на рисунке 3, определена предельная концентрация флегматизатора, при которой максимальная температура разогрева смеси становится меньше минимальной температуры горения. Аналогичные расчеты были произведены для смесей с различным содержанием хлороформа, по которым также были определены предельные концентрации флегматизатора.

По полученным данным построена зависимость концентрационных пределов фотовоспламенения, приведенная на рисунке 4. По данной зависимости определена минимальная флегматизирующая концентрация (МФК) хлороформа.

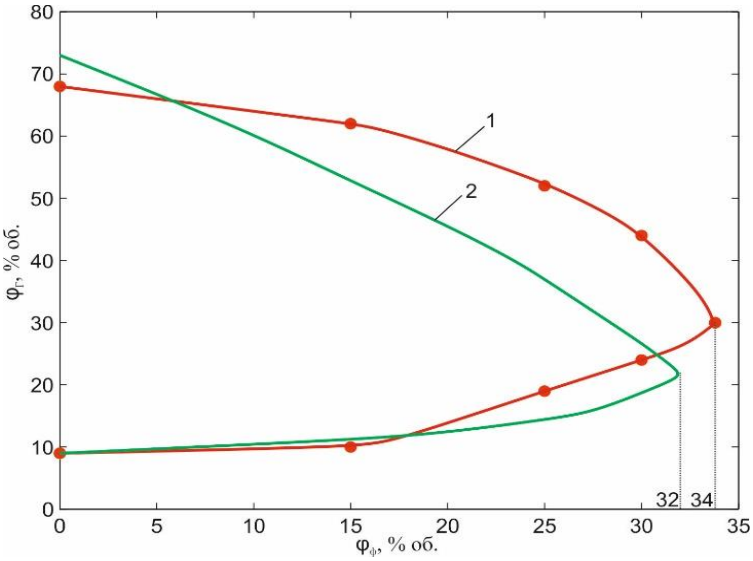
На рисунке 4 наряду с расчетными данными приведена аналогичная экспериментальная зависимость [6], которая показывает, что расчетные значения близки к экспериментальным ($\Delta\varphi_ф$ = 5 % об.).



1- экспериментальная; 2 – расчётная

Рис. 4. Зависимость концентрационной области фотовоспламенения смеси $CH_3Cl + Cl_2$ от концентрации трихлорметана(хлороформа) ($CHCl_3$)

Аналогичные расчеты были произведены для смесей хлорметана с хлором при использовании в качестве флегматизатора четырёххлористый углерод CCl_4. На рисунке 5 приведены расчетная и экспериментальные[7] зависимости концентрационных пределов фотовоспламенения от концентрации флегматизатора - четырёххлористого углерода.



1- экспериментальная; 2 – расчётная

Рис. 5. Зависимость концентрационной области фотовоспламенения смеси $CH_3Cl + Cl_2$ от концентрации тетрахлорметана(четырёххлористого углерода) (CCl_4)

Из теоретической зависимости определили значение МФК четырёххлористого углерода равное 32 % об., которое близко по значению к экспериментальному равному 34 % об.

Выводы

1. С использованием математической модели фототеплового воспламенения произведены расчеты МФК хлороформа и четыреххлористого углерода для смесей хлорметана с хлором.

2. Сравнение результатов расчётов с экспериментом показало, что данная математическая модель в целом правильно отражает переход реагирующей системы из стационарного режима во взрывной. Максимальное расхождение между расчетными и экспериментальными значениями МФК не превышает 5 % об.

3. Данную математическую модель, наряду с экспериментом, можно использовать для расчетов параметров пожарной опасности при разработки рекомендаций по обеспечению пожаровзрывозащиты процесса фотохлорирования.

Литература

1. Бегишев И.Р.,Беликов А.К., Грохотов М.А, Комаров А.А. Расчетный метод определения показателей пожаровзрывоопасности газовых смесей. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662831.

2. Разработка математической модели фототеплового воспламенения, Бегишев И.Р., Беликов А.К., Грохотов М.А, Комаров А.А. Материалы пятой международной научно-технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». 17-18 марта 2016. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – с. 260-262.

3. КондратьевВ.Н.Константы скоростей газофазных реакций: справочник – М.: Наука, 1970. – 351с.

4. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие / Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 172 с.

5. Разностные схемы (введение в теорию). С.К. Годунов, В.С. Рябенький, учебное пособие, Главная редакция физико-математичсекой литературы изд-ва «Наука» М., 1973, 400 с.

6. Никитин И.С., Бегишев И.Р., Беликов А.К. Флегматизация реакционных смесей продуктами реакции в процессе фотохлорирования хлористого метила (тезисы) XXIV Международная научно-практическая конференция по проблемам пожарной безопасности, посвященная 75-летию созданию института: тезисы докладов. Ч. 1. М.: ВНИИПО, 2012. с. 10 – 13.

7. Бегишев И.Р., Никитин И.С., Беликов А.К. Флегматизация четырёххлористым углеродом смесей хлорметана и хлора при их фотовоспламенении. Научно-технический журнал «Пожаровзрывобезопасность», 2015, № 2 – С. 32 -35.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ МЕТАНА С ХЛОРОМ

Кудрявцев Максим Николаевич, Бегишев Ильдар Рафатович, Грохотов Михаил Андреевич

Проведен расчет концентрационных пределов воспламенения, критической ин-тенсивности УФ-излучения и температуры самовоспламенения для смесей метана с хлором по модели фототеплового воспламенения. Модель правильно отражает процесс воспламенения, а результаты расчета в целом согласуются с данными полученными экспериментально.

Ключевые слова: пожаровзрывоопасность, метан, хлор, УФ-излучение, математическая модель, фототепловое воспламенение.

CALCULATION OF PARAMETERS OF THE FIRE AND INFLAMMATION OF METHANE WITH CHLORINE

Kudryavtsev Maksim Nikolayevich, Begishev Ildar Rafatovich, Grokhotov Mikhail Andreyevich

The possibility of using the mathematical model of the photothermal explosion, developed on the basis of the analysis of the kinetics and the radical chain mechanism of the multi-stage methane photochlorination reaction, is shown to calculate fire hazard parameters. The calculation of the concentration

limits of ignition, the critical intensity of UV radiation and the autoignition temperature for mixtures of methane and chlorine by the photothermal ignition model is carried out. The model correctly reflects the ignition process, and the results of the calculation as a whole are consistent with the data obtained experimentally.

Keywords: fire and explosion hazard, methane, chlorine, UV radiation, mathematical model, photothermal ignition.

Пожаровзрывоопасные параметры смеси метана с хлором, такие как концентрационные пределы воспламенения, критическая интенсивность УФ-света и температура самовоспламенения могут быть получены расчетным путем с помощью математической модели фототеплового взрыва. Модель базируется на уравнение теплопроводности и кинетике радикально-цепного химического взаимодействия. Она описывает изменение температуры во времени при протекании в системе экзотермической реакции хлорирования.

Реакция метана с хлором протекает в 4 последовательные стадии замещения в молекуле метана атомов водорода на хлор.

I. $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

II. $CH_3Cl + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl_2 + HCl$

III. $CH_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow CHCl_3 + HCl$

IV. $CHCl_3 + Cl_2 \rightarrow CCl_4 + HCl$

каждая из этих стадий происходит с участием атомов и радикалов.

Для получения температурных зависимостей характеризующих режим протекания реакции хлорирования необходимо решать уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\rho}\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial r^2}\right) + \frac{q(1-\eta)}{c\rho}$$

Где скорость тепловыделения

$q=W_1*Q_1+W_2*Q_2+W_3*Q_3+W_4*Q_4$,

W_i и Q_i-скорость и тепловой эффект реакции на каждой стадии.

Расчет скорости каждой последовательной стадии хлорирования проводили с учетом ее механизма и используя данные о константах скорости элементарных реакций. Модель учитывала инициирование реакции, как УФ-излучением, так и теплом, выделяющимся в ходе протекании ре-

акции. Решение уравнений описывающих изменение концентраций веществ и температуры в реагирующей смеси проводили методом конечно-разностных схем в системе MATLAB. Программа написанная для ЭВМ [2] позволила получать зависимости T(τ) при различных начальных условиях. Зависимости *T*(t) дают представление о режиме фотохлорирования и позволяют установить, при каких условиях режим реакции становится взрывным и смесь воспламеняется.

Экспериментальное исследование параметров фототеплового воспламенения проводили, воздействуя, УФ-излучением ртутной лампы ДРТ-1000 на смеси хлора с метаном. О характере развития процесса (стационарный или взрывной) судили по изменению температуры реагирующей смеси, которую измеряли микротермопарами, расположенными внутри реакционного сосуда.

На рис. 1 показаны расчётные зависимости максимальной температуры разогрева смеси (CH_4+Cl_2) при воздействии на смесь УФ-света различной интенсивности. Представленные результаты расчёта позволяют построить зависимость концентрационных пределов воспламенения от интенсивности УФ-излучения (рис. 2). На этом же рисунке для сравнения приведена и экспериментальная зависимость.

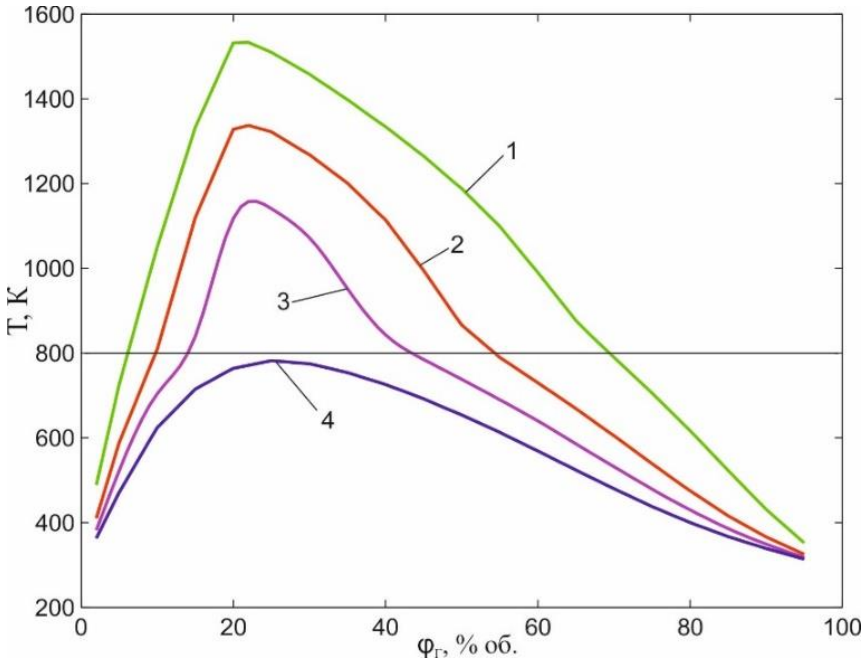


Рис. 1. Расчетные зависимости максимальной температуры разогрева смеси от начального содержания метана $\varphi_{г,}$ при различных интенсивностях УФ-света:

1 – $I = I_0$; 2 – $I = 0{,}25 \cdot I_0$; 3 – $I = 0{,}15 \cdot I_0$; 4 – $I = 0{,}1 \cdot I_0$

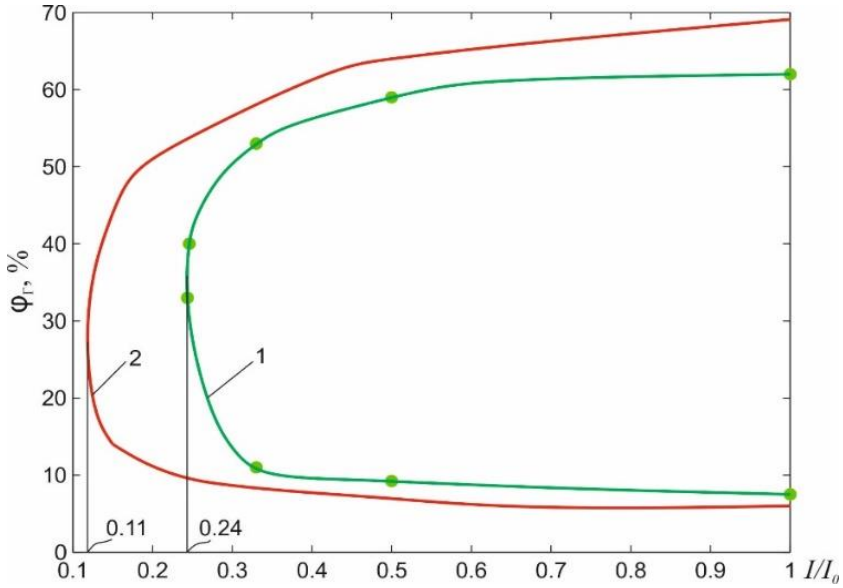


Рис. 2. Зависимость концентрационных пределов фототеплового воспламенения смеси $CH_4 + Cl_2$ от интенсивности УФ-света:
1 – экспериментальная; 2 –расчётная.

Поскольку уравнение для скорости инициирования содержит фотохимическую и термическую составляющую, то с помощью модели можно описать чисто тепловое воспламенение и определить такой важный параметр пожаровзрывоопасности, как температуру самовоспламенения.

На рисунках 3 и 4 приведены результаты расчётов при установлении температуры самовоспламенения.

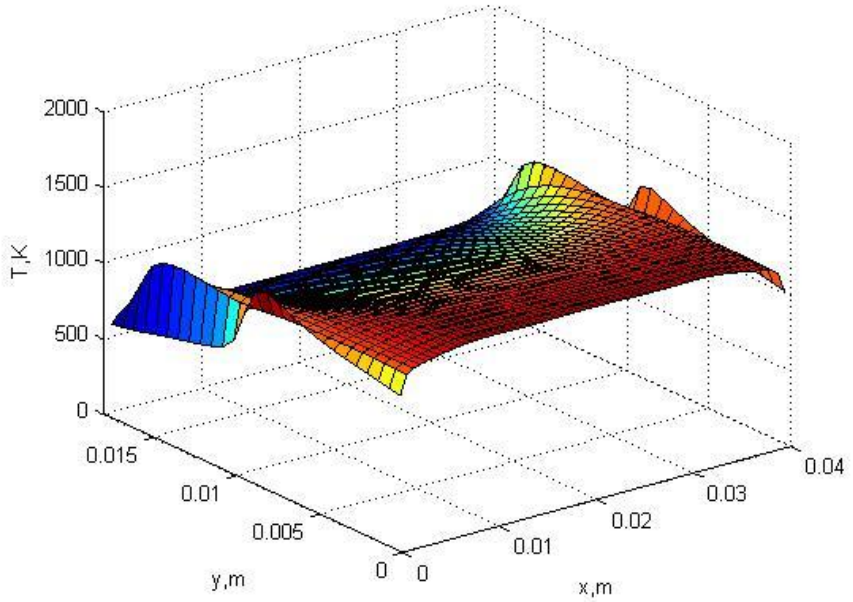


Рис. 3. Изменение поля температур внутри реакционного сосуда
в смеси ($0{,}20CH_4 + 0{,}80Cl_2$) со временем

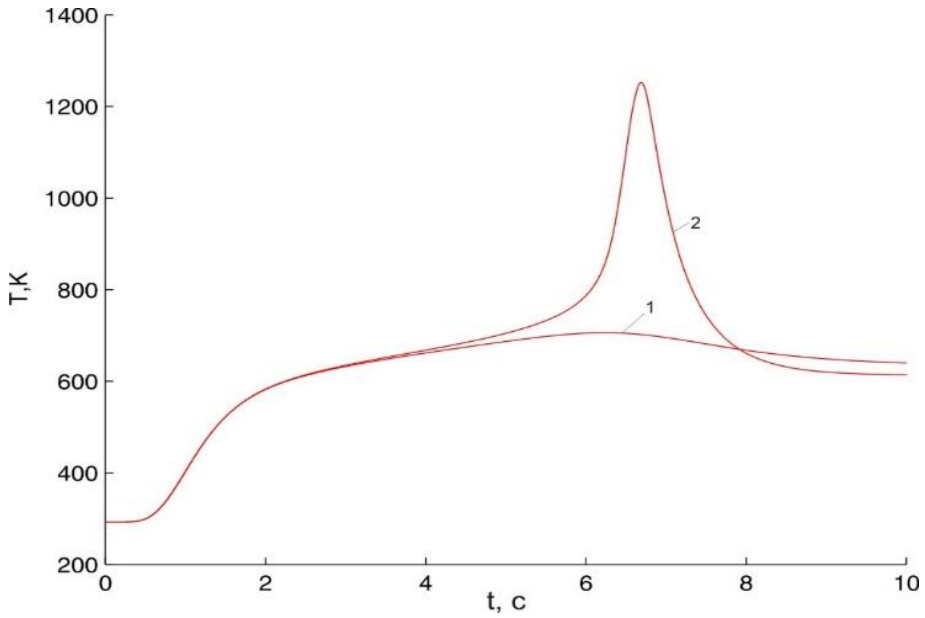


Рис. 4. Результаты расчёта изменение температуры смеси ($0{,}20CH_4 + 0{,}80Cl_2$) при температуре стенок реакционного сосуда: 1 – 612 К; 2 – 613 К.

Результаты выполненных расчетов и эксперимента приведены в таблице 1, здесь же показаны справочные значения, некоторых величин для которых они известны из литературы [4].

Параметры пожаровзрывоопасности	Значения параметров		
	Расчетные	Экспериментальные	Справочные
Концентрационные пределы воспламенения,% об.	6-69	7,5-62,0	5,6-63,0
Критическая интенсивность УФ-света, Iкр	$0{,}11*I_0$	$0{,}24*I_0$	-
Температура самовоспламенения, К	613	-	591

Вывод:

Таким образом, анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что модель, построенная на уравнении теплопроводности, и учитывающая механизм химического взаимодействия при хлорировании метана в целом правильно отражает процесс воспламенения и позволяет определять его предельные параметры. С помощью модели для смеси метана с хлором установлены расчётные значения: критической интенсивности, УФ-излучения, концентрационных пределов фотовоспламенения и температуры самовоспламенения, их значения в основном согласуются с результатами экспериментальных исследований.

Литература

1. Data fase Nist.

2. БегишевИ.Р.,БеликовА.К.,ГрохотовМ.А,Комаров А.А.Расчетный метод определения показателей пожаровзрывоопасности газовых смесей. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662831.

3. Разработка математической модели фототеплового воспламенения, Бегишев И.Р., Беликов А.К., Грохотов М.А, Комаров А.А. Материалы пятой международной научно-технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». 17-18 марта 2016. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – с. 260-262.

4. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. Издательство 2, перераб. 1980 376 с.

ОГНЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОДВЕСНОГО ПОТОЛКА ПРИ УГЛЕВОДОРОДНОМ РЕЖИМЕ

Шкутова Татьяна Вячеславовна

В статье представлены основные результаты исследований огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой плитными материалами при углеводородном режиме Получены обоснования огнезащитной эффективности данного материала.

Ключевые слова: стальные конструкции, огнезащита, плитные материалы, углеводородный режим.

FIRE TESTS OF FIRE-RETARDANT SUSPENDED CEILING STRUCTURES IN HYDROCARBON MODE

Shkutova Tatyana Vyacheslavovna

The article presents the main results of studies of the fire resistance of steel structures with fireproofing of plate materials under hydrocarbon conditions. The fire-proof effectiveness of this material is justified.

Keywords: steel structures, fire protection, plate materials, hydrocarbon regime.

Пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства [1].

Основным опасным фактором пожара, который и является причиной разрушения, повреждения строительных конструкций, элементов, частей зданий и зданий в целом является быстрое повышение температуры в очаге пожара (температурный режим пожара), которое резко отличается от условий обычной эксплуатации объекта [2].

Наиболее крупными являются пожары, происходящие на объектах нефтегазовой отрасли. При авариях на таких объектах возможно возгорание нефтепродуктов. Горение данных продуктов проходит при углеводородном температурном режиме. Интенсивность горения и высокие температуры которого значительно отличаются от характеристик «стандартного пожара».

Большое количество подобных предприятий находится в районах крайнего севера. В связи с холодными климатическими условиями, подходящим видом огнезащиты является сухой способ, а именно защита плитными материалами. Плитные материалы увеличивают предел огнестойкости стальных несущих конструкций до 240 мин. (R240).

Одним из таких объектов является «Комплекс по добыче, подготовке, сжижению газа, отгрузке СПГ и газового конденсата Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения». Сооружение основания резервуаров хранения конденсата, запроектировано на основе несущего рамно-связевого каркаса, включающего в себя сваи, вертикальные (диагональные) связи и рамную балочную клетку с установленными по ним железобетонными предварительно напряженными плитами.

С целью обеспечения требуемого предела огнестойкости по потере несущей способности (R 120) стальных конструкций основания резервуаров хранения, предусмотрено устройство огнезащитной подвесной потолочной системы, ограждающая часть которого выполняется из плит PROMATECT-H, закрепляемых к дополнительному стальному каркасу.

Были проведены экспериментальные исследования огнестойкости элементов данных стальных конструкций с облицовкой огнезащитными плитами.

Испытания опытных образцов конструкции огнезащитного подвесного потолка проводились согласно ГОСТ [3, 4, 5]. На проведение эксперимента были представлены 2 образца конструкции огнезащитного подвесного потолка габаритными размерами 5000×3000×545 мм (д×ш×в).

Принципиальная схема конструктивного исполнения опытного образца огнезащитного подвесного потолка представлена на рисунке 1.

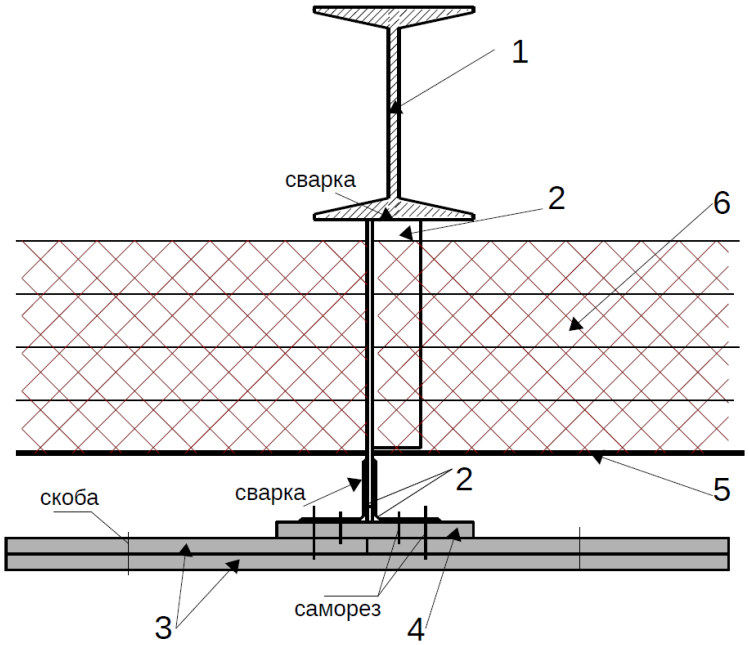


Рис. 1. Принципиальная схема конструктивного исполнения опытного образца огнезащитного подвесного потолка с ограждающей частью из плит PROMATECT-H

1. балка 20Б1
2. уголок L 40х4
3. плита PROMATECT-H t=15 мм
4. полоса из плиты PROMATECT-H t=15 мм, шириной 160 мм
5. сетка металлическая 100х100,Ø проволоки 5 мм
6. минераловатная плита Rockwool ТЕХ БАТТС t=50 мм, 4-ре слоя

На рисунке 2 представлен опытный образец конструкции огнезащитного подвесного потолка в процессе сборки.



Рис. 2. Опытный образец конструкции огнезащитного подвесного потолка в процессе сборки (образец № 1)

Выполнялась двухслойная обшивка плитами PROMATECT-H толщиной 15 мм (2×15=30 мм), крепеж которых осуществлялся при помощи самонарезающих шурупов и скоб, устанавливаемых с шагом (300±10) мм.

Для предотвращения проникновения пламени по периметру образца производилась укладка минераловатного утеплителя, закрывающего щели между футеровкой печи и плитами ограждающей части подвесного потолка (см. рис. 2).

Таблица 1. Условия проведения испытаний.

Показатели	Опыт № 1	Опыт № 2
Дата проведения	10.06.2016 г.	24.06.2016 г.
Температура окружающей среды, °С	21	23
Относительная влажность воздуха, %	50	52
Скорость движения воздуха, м/сек	не более 0,5	не более 0,5

Опытные образцы устанавливались на экспериментальную установку и подвергались одностороннему тепловому воздействию.

В огневой камере печи создавался углеводородный температурный режим по ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014, характеризуемый следующей зависимостью:

$$T = 1080 \cdot (1 - 0{,}325 \cdot e^{-0{,}167t} - 0{,}675 \cdot e^{-2{,}5t}) + 20, \quad (1)$$

где T - температура в печи, соответствующая времени t, ° C;

t - время, исчисляемое от начала испытаний, мин.

Температура в огневой камере печи измерялась печными термопарами, в количестве 9-ти штук, равномерно распределенными по длине образца в шести местах.

Кривые изменения температур в контролируемых точках на двутавровых стальных балках каркаса опытных образцов огнезащитного подвесного потолка представлены на рисунке 3.

Средние температуры в огневой камере соответствовали зависимости (1) и не превышали допустимых отклонений.

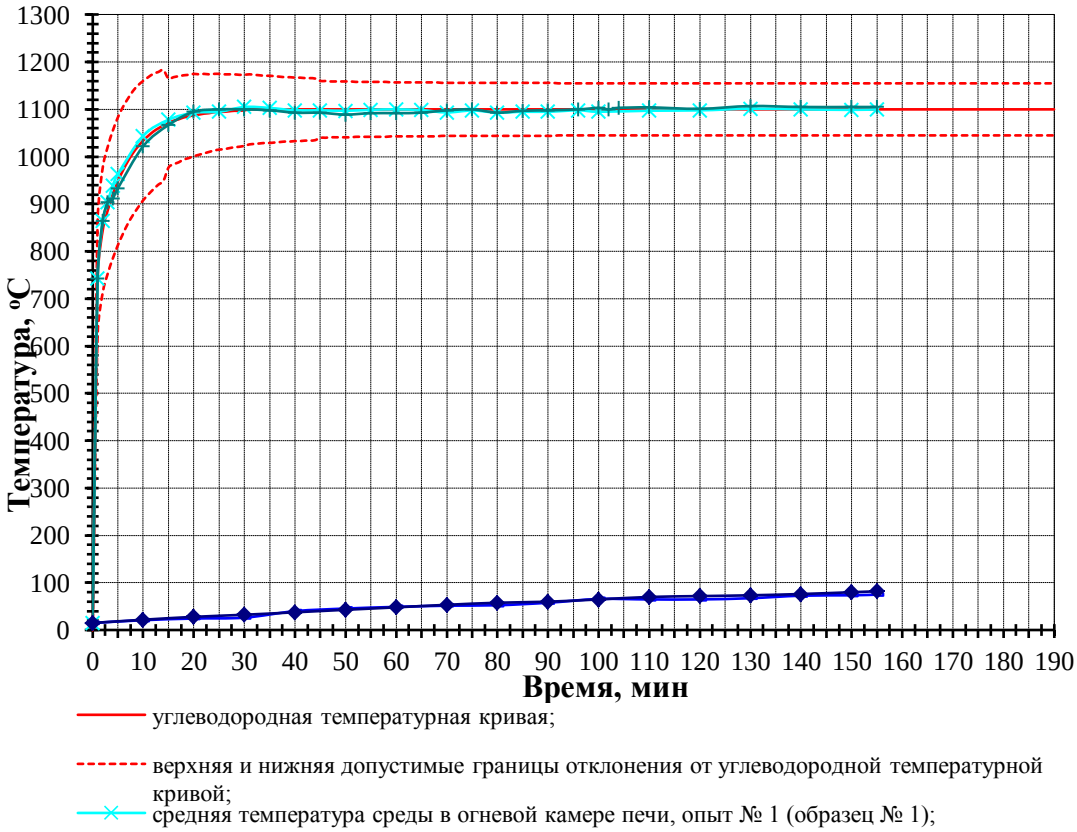


Рис. 3. Кривые изменения температур в огневой камере печи и на двутавровых балках стальных каркасов опытных образцов конструкции подвесного потолка

За время огневого испытания видимых изменений в состоянии ограждающих частей из плит PROMATECT-H не зафиксировано (рисунок 4).



Рис. 4. 125 мин испытания, вид в смотровой проем (образец № 1)

В соответствии с необходимым пределом огнестойкости исследуемого объекта защиты, испытания были завершены через 155 минут огневого воздействия.

По итогам проведенных опытов было установлено:

- на момент окончания огневого воздействия (155 мин) потери несущей способности конструкции подвесного потолка, либо возникновения предельных деформаций не зафиксировано;

- критическая температура равная 500°С на опытных образцах не достигнута;

- средняя температура по термопарам, установленным на стальных двутавровых балках каркаса, на момент окончания огневого воздействия, составила 75 и 82 °С, для 1-го и 2-го образца соответственно.

В результате данных испытаний можно сделать вывод, что данная конструктивная система огнезащиты стальных конструкций обеспечивает требуемый предел огнестойкости, предъявляемый к объекту защиты.

Литература

1. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 23.06.2016) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

2. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / Ассоциация «Пожарная безопасность и наука» – М., 2001, 382 с.

3. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. [Электронный ресурс]: государтсвенный стандарт // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

4. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы. [Электронный ресурс]: государтсвенный стандарт // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2017. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

5. ГОСТ Р 53298-2009 Потолки подвесные. Метод испытания на огнестойкость. [Электронный ресурс]: государтсвенный стандарт // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2014. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

6. Отчет об испытаниях на пожарную опасность «Огнестойкость конструкции огнезащитного подвесного потолка, выполненного из плит «Promatect-H», закрепленных к сталльной подконструкции при условии воздействия углеводородного температурного режима» - М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России – 2016; 12 с.

РАСЧЕТНЫЕ И НЕРАСЧЕТНЫЕ РЕЖИМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ПРОТИВОДЫМНОЙ ЗАЩИТЫ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Носков Константин Алексеевич, Есин Владимир Михайлович

Предлагается определение понятий расчетного и нерасчетного режима работы систем противодымной защиты, постановка проблемы связанной с не разделением данных режимов. Ключевые слова: противодымная защита, противодымная вентиляция, расчетные параметры, расчетный режим, нерасчетный режим.

Ключевые слова: противодымная защита, противодымная вентиляция, расчетные параметры, расчетный режим, нерасчетный режим.

PLANNED AND UNPLANNED MODES FOR DEFINING FACTUAL PARAMETRS OF SMOKE PROTECTION VENTILATION SYSTEMS IN BUILDINGS OF HIGHER ESTATE

Noskov Konstantin Alekseyevich, Yesin Vladimir Mikhaylovich

It is proposed to define the concepts of the planned and unplanned mode of smoke protection systems, the statement of the problem associated with the non-separation of these modes. Key words: smoke control systems, smoke protection ventilation systems, design parameters, planned mode, unplanned mode.

Keywords: smoke control systems, smoke protection ventilation systems, design parameters, planned mode, unplanned mode.

По имеющейся на данный момент статистике для человека самыми опасными являются факторы, связанные с продуктами горения, выделяемыми при пожаре. До 70% погибших людей на пожарах, приходится на долю отравления токсичными продуктами горения, одной из причин этого является высокая скорость распространения продуктов горения.

Особенно это заметно в зданиях повышенной этажности. Вертикальные коммуникации, шахты лифтов и лестничные клетки служат путями распространения для токсичных продуктов горения, а с увеличением этажности возрастает и время эвакуации людей. Это приводит к ряду серьезных проблем связанных с обеспечением пожарной безопасности для людей в зданиях повышенной этажности.

Одним из способов решения данной проблемы служит система противодымной зашиты.

Важным компонентом противодымной защиты является противодымная вентиляция. Она должна предусматриваться еще на этапе строительства, и монтироваться в соответствии с конструкторским расчетом.

Таким образом, для обеспечения противопожарной безопасности в зданиях повышенной этажности необходимо наличие исправной системы противодымной вентиляции. Для этих целей и был разработан ГОСТ Р 53300-2009[3]. Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний.

Согласно данному ГОСТу при вводе здания в эксплуатацию проводятся приемосдаточные испытания систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, далее периодические испытания систем противодымной вентиляции должны производиться не реже одного раза в 2 года.

Для проведения данных испытаний принимается ряд условий в соответствии с которым был произведен конструкторский расчет. Такой режим работы систем противодымной вентиляции является расчетным. При нем параметры системы противодымной вентиляции соответствуют расчетным. Изменение условий работы противодымной вентиляции приводит к несколько иным значениям параметров системы, такой режим работы является нерасчетным.

Согласно нормативным документам при расчетах параметров систем противодымной вентиляции, необходимо знать значения температуры наружного и внутреннего воздуха, период времени года скорость ветра, положение окон и дверей на путях эвакуации, расположение лифта и наличие решеток на дымоприемных устройствах.

Все эти параметры, подвержены изменению, а некоторые заведомо невыполнимы. В случае возникновения пожара ночью, в жилом многоквартирном доме, все двери на путях эвакуации, лестничных клеток и выходы из здания наружу вероятно будут закрыты, хотя при проведении испытаний, они должны находиться в открытом состоянии. Это несоответствие реальных условий работы системы противодымной вентиляции и расчетного режима работы, приводит к проблеме невыполнения системой своих прямых требований.

К тому же отсутствие возможности проведения реальных огневых испытаний систем противодымной вентиляции, приводит к проблеме отсутствия достоверных сведений о исправности системы противодымной защиты на момент проведения проверки. Это вызвано тем, что в результате проведения «холодных» испытаний, в воздуховодах перемещается холодный воздух, температура которого, намного ниже температуры продуктов горения при пожаре. В то время как, нагретые продукты горения, за счет разности температур с уличным воздухом создают дополнительную тягу,

способствующую удалению оставшихся продуктов горение, холодный воздух таким свойством не обладает.

Данные проблемы выполнения системы противодымной защиты своих функций не только непосредственно в период пожара, но и в период «холодных» испытаний на данный момент конкретного решение не имеют.

Направление дальнейших исследований – создание новой, или доработка имеющихся методик расчета параметров систем противодымной вентиляции, которая позволит производить расчёт в реальных условиях проведения «холодных» испытаний, или условиях пожара. В следствии чего, можно будет делать обоснованное заключение о исправности работы систем противодымной вентиляции.

Литература

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

2. СП 7.13130.2013. «Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности».

3. ГОСТ Р 53300-2009. «Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний».

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Егоров Андрей Николаевич

В статье приведен анализ применения моделей нефтяных резервуаров для выполнения экспериментальных исследований. Как результат, сформулирована блок-схема классификации моделей нефтяных резервуаров. Поставлена задача на разработку модели резервуара типа «стакан в стакане» для проведения огневых испытаний.

Ключевые слова: резервуар с защитной стенкой, модель, резервуар, нефть.

EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF MODELS OF OIL RESERVOIRS IN EXPERIMENTAL STUDIES

Yegorov Andrey Nikolayevich

The article gives an analysis of the application of models of oil reservoirs for carrying out experimental studies. As a result, a block diagram of the classification of models of oil reservoirs is formulated. The task was set for the development of a model of a "glass in a glass" tank for carrying out fire tests.

Keywords: reservoir with protective wall, model, reservoir, oil.

Современным направлением по обеспечению пожарной безопасности нефтяных резервуаров, является применение защитной стенки. Резервуар с защитной стенкой получил название как резервуар по типу «стакан в стакане» (РВСЗС). Однако не изучено поведение защитной стенки резервуара при пожаре в основном резервуаре и при пожаре в соседнем резервуаре [1].

Основой изучения этих процессов будет численный и физический эксперимент. Для проведения численного эксперимента необходимо знать исходные параметры модели резервуара, начальную температуру элементов резервуара, количественные значения теплового излучения и температуру пламени пожара. Эти показатели можно получить выполним физический эксперимент. Проведение физического эксперимента на крупномасштабном объекте сопряжено с большими экономическими затратами. В качестве альтернативы можно применить метод физического моделирования. Для его проведения необходимо разработать экспериментальную модель нефтяного резервуара.

Большой вклад в моделирование нефтяных резервуаров внес Дмитриев Н.Н. [2]. Им рассмотрен вопрос о выборе модели резервуара в зависимости от существующих методов моделирования, при проведении исследований на прочность конструкции. Им подтвержден главный постулат проектирования и изготовления моделей резервуаров вертикальных цилиндрических стальных (РВС) это точность изготовления деталей модели и самой модели в целом.

В указанной работе определено, что геометрические параметры моделей РВС зависят от габаритных размеров натурных РВС, которые определяются из решения критериальных уравнений. В результате их решения получены численные значения параметров модели РВС с плавающей крышей (РВСПК) вместимостью 50000 м^3. Характеристики модели даны в табл. 1.

Таблица 1. Основные параметры модели РВСПК.

п/п	Наименование	Размерность
1	высота оболочки корпуса	75,7 см
2	радиус срединной поверхности	72,78 см
3	толщина стенки нижнего пояса	0,19 см
4	толщина стенки нижнего пояса	2,6 см

На кафедре пожарной безопасности технологических процессов (ПБТП) Академии ГПС МЧС России проведен цикл работ, связанных с изучением параметров защитных преград, ограничивающих разлив жидкости при квазимгновенном разрушении резервуара. В ходе своей научно-

исследовательской работы [3] доктором наук С.А. Швырковым была разработана модель нефтяного резервуара РВС-2000 м^3. При её создании обеспечено геометрическое подобие модели и натуры резервуара, соблюдая постоянное отношение между линейными размерами всех величин. Масштаб моделирования принят равным 1:30. При этом параметры модельного резервуара составили: d_p = 0,5 м, высота h_p = 0,4 м, объем v_p = 0,079 м^3 [3].

В работе [4] обосновывается модель нефтяного резервуара РВС-1000 м^3. Масштаб моделирования был принят равным 1:50. При этом параметры модельного резервуара составили: d_p = 0,21 м, высота h_p = 0,26 м, объем v_p = 0,009 м^3.

В работе [5] моделируется процесс удержания волны прорыва защитной стенкой, установленной на различных расстояниях от основного резервуара. Прототипом модели является РВС-700 м^3 типа «стакан в стакане». С учетом соблюдения критериев подобия и условий моделирования гидравлических явлений параметры модели составили: диаметр и высота основного резервуара – 0,35 м и 0,3 м соответственно и диаметр и высота защитной стенки от 0,45 до 0,55 м. В качестве защитных стенок используются стальные цилиндрические обечайки, разного диаметра, позволяющего устанавливать их на разном расстоянии от основного резервуара [5].

Профессор кафедры ПБТП Назаров В.П. [6] изучал распределение концентраций паров легковоспламеняющихся жидкостей в паровоздушном пространстве резервуара, а также ряд схожих научных задач. Для этого были изготовлены четыре экспериментальные модели резервуара РВС – 5000 м^3. Всем моделям присвоен классификатор от ЭР-1 до ЭР-4. Их геометрические параметры представлены в табл. 2.

Таблица 2. Геометрические параметры экспериментальных резервуаров.

Геометрические размеры	ЭР-1	ЭР-2	ЭР-3	ЭР-4
Диаметр, м	0,228	0,360	0,650	2,28
Площадь испарения, м^2	-	-	-	4,07
Высота, м	0,119	0,198	0,360	1,19
Площадь днища, м^2	$4{,}07\cdot20^{-2}$	0,102	0,332	-
Объем, м^3	$5\cdot10^{-3}$	$22{,}4\cdot10^{-3}$	$125\cdot10^{-3}$	5
Площадь приточного отверстия, м^2	$2{,}82\cdot10^{-5}$	$7{,}85\cdot10^{-5}$	$28{,}9\cdot10^{-5}$	
Масштаб экспериментального резервуара	1:100	1:60	1:35	1:10

В работе [7] установлено, что с увеличением диаметра горящей поверхности в резервуаре, происходит изменение режима горения от ламинарного к турбулентному, и механизма теплопередачи от пламени к жидкости, от теплопроводности к излучению. При этом в лучистой теплопередаче пламя может быть оптически тонким или толстым. На площади мало-

го размера (диаметр примерно до 10 см) режим горения ламинарный, теплопередача от пламени к поверхности жидкости происходит, в основном, теплопроводностью, скорость выгорания быстро уменьшается с увеличением площади. На площади диаметром от 10 до 100 см режим горения переходный, теплопередача от пламени к жидкости происходит излучением и конвекцией.

При обобщении экспериментов, проведенных на резервуарах с диаметрами до 23 м установлено, что высота факела пожара $H_ф$ растет с увеличением диаметра резервуара, а их относительная высота пламени - $H_ф/D$ неизменна [7].

Профессором кафедры ПБТП Сучковым Виктором Петровичем проведена работа [8] в области изучения теплового и концентрационного режимов в резервуаре при воздействии на него падающего излучения. В рамках работы выполнено моделирование теплового воздействия на корпус резервуара от факела горящего нефтепродукта в соседнем резервуаре. Для решения задачи им разработан лабораторный стенд. Он состоял из двух резервуаров, геометрически подобных РВС-5000 $м^3$ (в масштабе 1:35). Габаритные размеры резервуаров: диаметр резервуара 0,65 м, высота 0,36 м [8].

Для подтверждения результатов исследования, полученных при проведении экспериментов на лабораторных установках, были проведены крупномасштабные полигонные испытания в Тюменской области. Экспериментальная база состояла из 2-х полигонных РВС со следующими параметрами: диаметр - 3,15 м, высота стенки - 1,25 м.

Проведённый нами анализ указанных работ позволил классифицировать модели резервуаров на несколько самостоятельных блоков, в зависимости от общего направления научно-исследовательских работ. Результаты классификаций представлены на рис. 1 в виде структурно-логической схемы.



Рис. 1. Блок-схема-классификация моделей нефтяных резервуаров

Из блок-схемы видно, что применение моделей нефтяных резервуаров при постановке экспериментальных исследований является общепризнанной и востребованной практикой, применяющейся в различных научных отраслях, в том числе и в области научных исследований по пожарной безопасности.

При проектировании параметров модели нефтяного резервуара необходимо соблюдать геометрическое подобие модели её натуре.

Работ, где бы говорилось о проведение огневых испытаний нефтяного резервуара с защитной стенкой типа «стакан в стакане» не выявлено. Приведенная лабораторная модель РВС типа «стакан в стакане» применима для изучения волновых процессов, образующихся при моделировании волны прорыва при разрушении основного резервуара. Однако, для проведения экспериментальной части работы по изучению устойчивости защитной стенки РВСЗС при пожаре, необходимо провести коррекцию диаметра модели резервуара в сторону его увеличения, что будет обосновываться соблюдением критериального подобия, которое позволит говорить о достоверности планируемых огневых экспериментов.

Литература

1. Рубцов Д.Н., Егоров А.Н. Оценка состояния защитной стенки нефтяного резервуара типа «стакан в стакане» при пожаре. / Д.Н. Рубцов, А.Н. Егоров // Материалы 25-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности». М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 325-327

2. Дмитриев Н.Н. Методика моделирования нефтяных вертикальных цилиндрических резервуаров для испытания их конструкций на прочность в условиях лаборатории: дис. канд.техн.наук: 05.13.15 / Дмитриев Николай Николаевич. – М., 1985. – 276 с.

3. Швырков С.А. Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара. дис. д-ра.техн.наук: 05.26.03 / Швырков Сергей Александрович. – М., 2013. – 355 с.

4. Воробьев В.В. Дополнительные защитные преграды для снижения пожарной опасности разлива нефти и нефтепродуктов при разрушении вертикальных стальных резервуаров. дис. канд.техн.наук: 05.26.03 / Воробьев Владимир Викторович. – М., 2008. – 204 с.

5. С.А. Швырков, С.А. Горячев, В.В. Воробьёв, А.С. Швырков. Лабораторное моделирование волны прорыва при разрушении резервуара типа «стакан в стакане» // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 2 (72). http://academygps.ru/ttb.

6. Назаров В.П. Очистка резервуаров от остатков светлых нефтепродуктов перед проведением огневых ремонтных работ: дис. канд. техн. наук: 05.26.01 / Назаров Владимир Петрович. – М., 1980. - 250 с.

7. В.И. Блинов, Г.Н. Худяков. Диффузионное горение жидкостей. М., Изд-во АН СССР, 1961. - 208 с.

8. Сучков В.П. «Научные стандартизации в области обеспечения пожарной безопасности технологий хранения нефтепродуктов». дис. д-ра.техн.наук: 05.26.03 / Сучков Виктор Петрович. - МИПБ МВД РФ. М., 1997. - 467 с.

ФАКТОРЫ, ПРИВОДЯЩИЕ К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ПОЖАРОВ НА ТРАНСФОРМАТОРЕ

Передня Дарья Андреевна

Рассмотрены и уточнены факторы, приводящие к возникновению пожаров на трансформаторе.

Ключевые слова: пожарная безопасность, электроэнергетика, трансформатор, пожар.

FACTORS LEADING TO THE OCCURRENCE OF THE FIRES ON TRANSFORMER

Perednya Darya Andreyevna

The factors leading to the emergence of fires on the transformer are considered and specified.

Keywords: fire safety, electric power, transformer, fire.

Электроэнергетика – главная составляющая отрасль экономики России. Все сферы жизнедеятельности человека и обороноспособность государства напрямую зависят от ее стабильного функционирования. Пожары, возникающие на объектах электроэнергетического комплекса, неблагоприятно влияют на работу электроэнергетических сетей и осложняют бесперебойное электроснабжение для нужд потребителей.

Согласно проведенному анализу наибольшее количество пожаров, произошедших на объектах электроэнергетического комплекса в период с 2005 по 2015 годы, а именно 36,5% от общего количества, составляют пожары на трансформаторных подстанциях [1]. Наибольшую опасность на таких объектах представляют силовые масляные трансформаторы, автотрансформаторы и реакторы (далее – трансформаторы), в процессе эксплуатации которых используется трансформаторное масло (до 100 тонн).

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо рассмотреть факторы, приводящие к возникновению пожара на трансформаторе. К ним относятся:

1. Некачественный монтаж или ремонт трансформатора: плохая регулировка приводов коммутационных аппаратов; плохо протянутые контакты; заводские дефекты электрооборудования и т.д. Не затянутые контакты под нагрузкой начинают греться и гореть, что может привести к возникновению электрической дуги и, как следствие, к пожару.

2. Не редкость случаи, когда пожар на трансформаторе возникает во время вывода установки пожаротушения из автоматического режима работы. Это происходит в связи с тем, что для поддержания трансформатора в работоспособном состоянии на протяжении всего периода эксплуатации необходимо регулярно осуществлять его техническое обслуживание. При возникновении аварийного режима работы трансформатора быстрое приведение в действие установки пожаротушения, по причине отключения автоматики, крайне затруднительно.

3. Не соблюдение требований по срокам проведения технического обслуживания. По причине халатного отношения персонала проведение надлежащих регламентных работ может откладываться на неопределенные сроки, проводиться с задержкой и в условиях сокращения необходимого времени по обслуживанию и ремонту трансформатора. Это приводит к увеличению вероятности возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к катастрофическим последствиям.

4. Дифференциальная и газовая защиты применяются в качестве основных быстродействующих систем защиты трансформаторов от повреждений на вводах, а также от внутренних повреждений. К сожалению, уставки автоматики, предусмотренные на дифференциальной и газовой системах защиты, имеют степень чувствительности уже аварийного состояния трансформатор.

5. После срабатывания уставок дифференциальной или газовой защиты трансформатора установка пожаротушения имеет расчетную инерционность (время от момента срабатывания чувствительного элемента до начала подачи огнетушащего вещества), которая превышает время развития аварии на трансформаторе.

6. При работе трансформатора выделяются значительные тепловые потери: в магнитопроводе; в обмотках; в деталях конструкции и т.д. Это вызывает нагрев основных частей трансформатора. Для обеспечения безопасного режима работы необходимо предусматривать систему для его охлаждения. Основным недостатком является то, что в соответствии с нормативными документами, при проектировании системы охлаждения не учитывается глобальное потепление в мире, что приводит к возможности перегрева трансформатора в летнее время в жарких климатических районах России.

7. Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» одна из наиболее острых проблем на сегодняшний день - это высокая степень изношенности эксплуатируемого электрооборудования (почти 60%)[2]. Срок службы трансформаторов составляет 25 лет [3]. Однако, пройдя надлежащее техническое обслуживание по истечению нормативно-

го срока, трансформаторы продолжают эксплуатироваться дальше. Всё это повышает вероятность возникновения пожаров на трансформаторе.

8. Довольно часто проявляются ошибочные действия персонала, эксплуатирующего трансформатор. В большинстве случаев они возникают по причине низкой квалификации персонала, невнимательности, нарушения оперативной дисциплины и пренебрежительного отношение к требованиям правил технической эксплуатации электрооборудования.

9. Причиной повреждения трансформатора могут стать грозовые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях. В связи с этим устройства молниезащиты подстанций должны находиться в исправном состоянии и проходить регулярные проверки, в установленные нормативами сроки.

Проявление хотя бы одного из вышеизложенных факторов или их комплексное воздействие на трансформатор неизбежно ведут к возникновению аварийной ситуации и пожару. Последствия от них могут оказаться катастрофическими, ведь они несут в себе причинение большого экономического, социального и экологического ущерба. Нередко пожары на трансформаторе приводят к снижению уровня или к полному прекращению энергообеспечения гражданских, промышленных и оборонных комплексов. Поэтому вопросы защиты трансформаторов от возникновения пожаров на них являются актуальным направлением для дальнейшей исследовательской деятельности.

Согласно этому, дальнейшие исследования в области защиты трансформаторов от возникновения пожаров на них необходимо посвятить следующему:

- внести изменения в устаревшие нормативные документы по защите трансформаторов, принятые более 15 лет назад;
- уточнить методику по проектированию автоматических установок пожаротушения для защиты трансформаторов;
- проанализировать существующие технические средства, применяемые в автоматических установках пожаротушения для защиты трансформаторов и, в случае необходимости, разработать новейшие средства;
- разработать рекомендации по защите трансформаторов автоматическими установками пожаротушения.

Литература

1. Д.А. Варнакова. Тушение пожаров на трансформаторных подстанциях / Интернет-журнал «Технология техносферной безопасности», 2016. - №6 (70).

2. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

3. ГОСТ 11677-85 Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство Стандартов, 1986. - 38 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕОДОЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ ПРИ САМОСПАСАНИИ ПОЖАРНОГО С ПОМОЩЬЮ СПАСАТЕЛЬНОЙ ВЕРЁВКИ

Габдуллин Владислав Булатович, Коршунов Игорь Васильевич, Смагин Александр Владимирович, Серов Петр Петрович

Рассматривается: проведение практических занятий по самоспасанию с помощью спасательной верёвки и при наличии на стене учебной башни искусственных препятствий.

Ключевые слова: учебная башня, препятствие, спасательная веревка.

INVESTIGATION OF METHODS OF OVERCOMING ARTIFICIAL OBSTACLES IN THE FIELD'S SALVATION WITH THE SAVING ROPE

Gabdullin Vladislav Bulatovich, Korshunov Igor Vasilyevich, Smagin Aleksandr Vladimirovich, Serov Petr Petrovich

It is proposed: a practical lesson on self-rescue with a rescue rope and if there are artificial obstacles on the wall of the training tower.

Keywords: training tower, obstacle, rescue rope.

О способах осуществления самоспасания пожарным с высоты с помощью спасательной верёвки посвящено немало научных и учебно-методических трудов. Учебному процессу на этапе профессиональной подготовки пожарного уделяется достаточное количество времени для освоения способов самоспасания. В рамках учебных занятий всегда акцентируется внимание на практическую значимость и важность самоспасания, как способа сохранения жизни и здоровья пожарного. Как известно, с помощью спасательной верёвки пожарный может не только спасти свою жизнь, находясь в трудной ситуации при пожаре, но и спасти жизнь пострадавшего, спуская его по верёвке с помощью двойной спасательной петли или на носилках. Существующие способы самоспасания являются доступными, достаточно лёгкими в усвоении технологии, а процесс отработки упражнения вызывает у обучаемых интерес. Все эти, на первый взгляд, положительные моменты имеют и обратную сторону, о которой не принято говорить открыто.

Практические работники пожарно-спасательных подразделений по этому поводу утвердительно скажут, что прививаемые им на учебных занятиях способы самоспасания на практике применяются крайне редко или

не применяются вовсе. Причин такому положению дел множество, поэтому в этой статье речь пойдёт о некоторых из них.

Ещё раз скажем о том, что во время учебных занятий пожарного учат выполнять самоспасание с помощью спасательной верёвки по стене учебной башни, на поверхности которой отсутствуют весьма распространённые искусственные препятствия, такие как внешние блоки кондиционеров, тарелки спутникового телевидения и наружные сушилки для белья. Разумеется, все эти препятствия порой сводят к минимуму ту подготовку, которую прошёл пожарный на учебных занятиях.

С целью изучения рассматриваемой проблемы профессорско-преподавательским составом кафедры пожарной строевой и газодымозащитной подготовки (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения) Академии ГПС МЧС России были изготовлены тренажёры «Внешний блок кондиционера» и «Тарелка спутникового телевидения» и внедрены в учебный процесс. Все тренажёры имеют натуральный размер и мало чем отличаются от настоящих приборов. Тренажёр «Внешней сушилки для белья» не изготавливался по причине травмоопасности данного изделия. О способах преодоления такого препятствия будет сказано ниже. Общий вид изготовленных макетов представлен ниже на фотографиях.



Рис. 1. Общий вид расположения макет на стене учебной башни

На рисунке 1 показан способ размещения вышеупомянутых тренажёров. Необходимо отметить, что данные тренажёры можно менять ме-

стами по этажности, а тарелку телевидения также можно перемещать по горизонтали на уровне этажа.

Практические занятия по проведению самоспасания с помощью спасательной верёвки и при наличии на стене учебной башни кондиционера и тарелки спутникового телевидения показали:

1. Время самоспасания при наличии искусственных препятствий увеличивается по сравнению с общепринятыми способами самоспасания без препятствий;

2. С целью преодоления искусственных препятствий при самоспасании пожарный может либо перепрыгнуть их, что нередко чревато травмами из-за отсутствия определённых навыков, либо обойти сбоку эти препятствия, что более разумно;

3. В случае, когда тарелка спутникового телевидения размещена ближе к вертикальной оси окна (в центре), обойти сбоку такое препятствие крайне затруднительно из-за того, что спасательная верёвка «запутывается» за конструкцию тарелки и быстро продолжить спуск дальше будет затруднительно. Перепрыгнуть такую конструкцию большинству пожарных невозможно! В некоторых случаях, пожарный может попробовать отогнуть ногой мешающие выступающие части тарелки.



Рис. 2. Способы преодоления искусственных препятствий при самоспасании

Принимая во внимание то, что в жилых домах могут встречаться наружные сушилки белья, нетрудно предположить, что такое искусствен-

ное препятствие для пожарного будет являться самым трудным из всех существующих. Данный вывод основан на следующих аргументах:

1. Ширина сушилки может достигать одного метра, т.е. конструкция сушилки выступает на 1 м за габарит жилого дома, таким образом, просто её перепрыгнуть пожарному при самоспасании не получится;

2. На сушилку натягиваются верёвки или проволока, что, в любом случае, говорит о том, что это относительно хрупкая конструкция. В то же время, разорвать такую верёвку или проволоку ногами с целью продолжения спуска вниз может представлять собой крайне сложную задачу: она может и не порваться или порваться, но не так как необходимо в данный момент, и самое главное, на это уходит драгоценное время.

В заключение хотелось бы отметить, что внедрение аналогичных тренажёров, описываемых в этой статье, по нашему мнению, является целесообразным во всех пожарно-спасательных подразделениях. Процесс изготовления таких тренажёров можно назвать достаточно простым и малозатратным. Проведение учебных занятий с применением таких тренажёров позволяет пожарному получить необходимые знания, умения и навыки при выполнении самоспасания в условиях, максимально приближённых к настоящим и сделать для себя правильные профессиональные выводы.

Литература:

1. Коршунов И. В., Садыков И. И., Андреев Д. В. Самоспасание с этажей зданий. – / Материалы межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей». – Иваново, ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017 / Стр. 142 – 143.

2. Теребнёв В.В., Грачёв В.А., Шихов Д.А. Пожарно-строевая подготовка. – Екатеринбург: ООО «Калан», 2009. 324 с.

ПОЖАРНЫЙ РИСК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭСТАКАДАХ С МАЗУТОМ

Гураль Артем Александрович, Батманов Сергей Васильевич

Представлена постановка задачи о количественном обосновании исключения сценария пожара-пролива мазута на железнодорожных эстакадах, при расчете пожар-ного риска. Эстакады размещаются в северных регионах страны.

Ключевые слова: пожарный риск, железнодорожная эстакада, мазут, горение, самоспасание.

FIRE RISK ON RAILWAY ELEVATED STRUCTURES WITH FUEL OIL

Gural Artem Aleksandrovich, Batmanov Sergey Vasilyevich

The statement of the problem on the quantitative justification of the exclusion of the fire-fuel oil spill scenario at railway trestles, calculation of fire risk is also presented. The tres-tles are located in the northern regions of the country.

Keywords: fire risk, railway elevated structures, fuel oil, combustion, self-rescue.

Мазут, как топливо широко представлен на теплогенерирующих установках ТЭС (ТЭС – теплоэлектростанция), водном и железнодорожном транспорте. Являясь промежуточным сырьем, при получении минеральных масел и других нефтепродуктов мазут занимает четвёртое место после нефти, газа и дизельного топлива в структуре экспорта России [https://ru.wikipedia.org].

Большие объемы мазута доставляются потребителям железнодорожным транспортом. Для налива и опорожнения железнодорожных цистерн предусмотрены железнодорожные эстакады (рисунок 1). Данные объекты обладают высокой пожарной опасностью и, нередко, требуется оценить пожарный риск [2], чтобы сделать вывод о соответствии объекта требованиям пожарной безопасности [1].

Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах предполагает рассмотреть реализацию возможных сценариев аварийной ситуации (дерево событий) [2]. Одним из основных сценариев пожароопасной ситуации, для объектов хранения и транспортировки нефти и нефтепродуктов, является «пожар пролива». Однако, не всегда такой сценарий аварии имеет место.



Рис. 1. Железнодорожная эстакада галерейного типа

Данная предпосылка обусловлена несколькими факторами: высокая температура вспышки паров мазута, сильно зависящая от его марки; максимальная температура летнего времени северных регионов России ниже температуры вспышки; источники зажигания не всегда способные воспламенить разлив «холодного» мазута; низкая скорость распространения горения по проливу, задержка в достижении максимального тепловыделения при полном охвате пламенем разлива

Количественно обосновать исключение пожара пролива из расчета пожарного риска возможно, рассмотрев и сравнив продолжительность двух процессов: распространение пламени по проливу мазута и перемещение операторов эстакады в безопасную область. На рисунке 2 представлены этапы для решения поставленной задачи.

Анализ литературных источников, посвященных скорости развития горения по проливу, показывает, что исследователей интересуют несколько параметров, характеризующих скорость. Скорость снижения фиксированного уровня горящей жидкости (англ. – burning rate), м/мин, скорость распространения фронта пламени (англ. – flame spread), м/мин. Таким образом, параметр, наиболее полно отвечающий требованиям работы соответствует скорости распространения фронта пламени.

I. Типовое дерево событий для расчета риска на железнодорожной сливоналивной эстакады с мазутом

II. Анализ исследований:
- развитие горения пролива горючих жидкостей;
- эвакуация и самоспасание на производственном объекте

III. Эксперимент:
- процесс самоспасания оператора эстакады, в различные периоды года;
- горения пролива горючих жидкостей

IV. Численное моделирование процесса самоспасания и горения

V. Анализ продолжительности горения и самоспасания

VI. Построение уточненного дерева событий для расчета пожарного риска

Рис. 2. Этапы решения задачи о количественном обосновании исключения пожара-пролива из расчета риска

Анализ исследований и нормативных документов, посвященных определению скорости распространения фронта по ЛВЖ и ГЖ (температура вспышки более 40^0С) представлена в таблице 1.

Таблица. 1 Экспериментальные значения скорости фронта пламени по поверхности ненагретых жидкостей

Краткое наименование источника	**Линейная скорость распространения фронта пламени, м/с**
Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта [3]	0,25-0,3 (стехиометрическая концентрация)
Study on Flame Spread over Aviation Kerosene and Diesel [4]	0,009-0,03
Liquidspillagefires [5]	0,001-0,01
Guidelines for fire protection in chemical, Petrochemical and hydrocarbon processing facilities [6]	0,4-0,5 (стехиометрическая концентрация)
Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках [7]	0,05

Указанные значения скоростей фронта пламени, не в полной мере отвечают поставленной в работе задаче. Данное утверждение продиктовано методикой расчета пожарного риска [2], в которой рассматривается пожар пролива и принимается максимальный тепловой поток развившегося пожара. Данные таблицы 1, возможно использовать при моделировании процесса распространения горения. Планируется проведение экспериментальных исследований распространения горения на площади превышающей 10 м^2.

Согласно методике расчета пожарного риска [2] эвакуация операторов эстакады, а точнее процесс самоспасания, учитывается как вероятностная величина. При этом параметры, характеризующие процесс самоспасания и оператора эстакады, а также состояние путей самоспасания не рассматриваются детально. В работе планируется проведение натурного экспермента по самоспасанию оператора железнодорожной эстакады в различных погодных условиях (наличие и отсутствие снежного покрова и наледи). Данный эксперимент ставит цель обосновать возможные скорости перемещения оператора в безопасную область, на территории.

Таким образом, чтобы количественно обосновать возможность исключения сценария пожара пролива из расчета пожарного риска для сливоналивной железнодорожной эстакады требуется смоделировать процесс

распространения горения по проливу мазута и процесс самоспасания операторов в безопасную зону. Если время самоспасания будет значительно меньше чем развитие горения, то данный сценарий для эстакад с мазутом возможно исключить.

Литература

1. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 10.07.2012 № 117-ФЗ,от 02.07.2013 № 185-ФЗ, от 23.06.2014 № 160-ФЗ,от 13.07.2015 № 234-ФЗ, от 03.07.2016 № 301-ФЗ, от 29.07.2017 № 244-ФЗ). Справочная правовая система Консультант Плюс. http://www.consultant.ru/.

2. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» с учетом изменений, утвержденных Приказом Министра МЧС РФ от 14.12.2010 № 649 «О внесение изменений в Приказ МЧС России от 20.07.2009 № 404» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 20.01.2011 регистрационный номер 19546). Справочная правовая система Консультант Плюс.http://www.consultant.ru/.

3. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта.

4. Study on Flame Spread over Aviation Kerosene and Diesel Manhou Li1, a, Shouxiang Lu1, b, Jin Guo1, c and Kwok-Leung Tsui. // Advanced Materials Research Vol. 1016 (2014) pp 587-591 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.1016.587.

5. (LIQUID SPILLAGE FIRES By G. W. V. STARK, B.Sc, A.R.LC. LChem.E. SYMPOSIUM SERIES No. 33 (1972: Instn chem. Engrs, London)).

6. Guidelines for fire protection in chemical, Petrochemical and hydrocarbon processing facilities. Руководство по противопожарной защите в химической, нефтехимической и перерабатывающей промышленности для центра химической безопасности.

7. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. - М.: ГУГПС-ВНИИПО-МИПБ, 1999.

ВЛИЯНИЕ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕМОВ СИСТЕМЫ ДЫМОУДАЛЕНИЯ И ПОДАЧИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ВОЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕМОВ УДАЛЯЕМЫХ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЫМОУДАЛЕНИЯ

Цыбульская Маргарита Юрьевна, Есин Владимир Михайлович

В данной статье произведено моделирование различных вариантов взаимного расположения клапана дымоудаления и отверстия для подачи наружного воздуха для компенсации объемов продуктов горения, удаляемых из коридора здания повышенной этажности, с помощью программно-

го комплекса FDS. Определен наихудший вариант с точки зрения эффективности дымоудаления из коридора здания.

Ключевые слова: пожар, задымление, противодымная защита, клапан дымоудаления, отверстие для подачи наружного воздуха, повышенная этажность, перепад давления, продукты горения, моделирование, FDS.

THE INFLUENCE OF MUTUAL ARRANGEMENT OF OPENINGS AND SMOKE EXHAUST AND SUPPLY FRESH AIR TO RECOVER DELETED VOLUMES OF PRODUCTS OF COMBUSTION ON THE EFFICIENCY OF SMOKE REMOVAL

Tsybulskaya Margarita Yuryevna, Yesin Vladimir Mikhaylovich

In this article produced the simulation of different variants of the mutual arrangement of the valve and smoke vents to supply fresh air to compensate for the volume of combustion products which is removed from the building corridor high-rise buildings, with the help of software complex FDS. The worst variant from the point of view of efficiency of smoke removal from a building corridor is defined.

Keywords: fire smoke, smoke protection, smoke exhaust valves, the opening for flow of the outdoor air, high-rise, differential pressure, combustion, modeling, FDS.

На современном этапе развития нашего общества уровень урбанизации достигает больших масштабов и приводит к тому, что различные офисные центры, магазины, автостоянки, отели и гостиницы, жилые и общественные здания приходится располагать на ограниченной территории городов. Поэтому в последнее время отчетливо проявляется тенденция к увеличению высоты зданий. Это связано еще и с тем, что в крупных городах достаточно высокая стоимость земли, а также со стремлением общества к формированию современного архитектурного облика городов.

Рост этажности зданий, несомненно, приводит к возникновению сложных опасных для жизни и здоровья людей ситуаций, таких как пожары, которые, чаще всего, сопровождаются гибелью большого числа людей. Самостоятельная эвакуация людей в зданиях повышенной этажности зачастую практически исключается, так как токсичные продукты горения и дым быстро блокируют эвакуационные пути и выходы. Увеличение высоты зданий соответственно влечет за собой увеличением протяженности путей эвакуации в лестничных клетках и, соответственно, времени эвакуации, таким образом, время выхода человека из здания (расчетное время эвакуации) увеличивается, а время блокирования лестничных клеток продуктами горения, то есть необходимое время эвакуации уменьшается. Другими словами, люди не успевают выйти из здания до того, как опасные

факторы пожара достигнут критических для человека значений. В связи с этим, важным является, проектирование в таких зданиях эффективной системы дымоудаления из коридоров, а также систем подпора воздуха в незадымляемые лестничные клетки, шахты лифтов и тамбур-шлюзы.

Расчет системы дымоудаления из коридоров многоэтажного здания производится исходя при условии открытой двери в лестничную клетку из коридора этажа пожара. При срабатывании системы противодымной защиты двери в лестничную клетку из коридора этажа пожара и дверь из лестничной клетки на улицу практически всегда закрыты. Расчетные параметры вентилятора дымоудаления зависят от назначения здания и его высоты, размеров элементов системы дымоудаления, размеров коридора, а также температуры продуктов горения и составляют: 20000÷30000 $м^3$/ч (расход (подача)), 600÷1500 Па (давление (разрежение)).

Важным является вопрос о том, что создания одной вытяжной системы дымоудаления из коридоров недостаточно. Объясняется это тем, что дверь из коридора в лестничную клетку открывается по ходу эвакуации. Расход продуктов горения или воздуха, удаляемого из коридора при закрытой двери резко уменьшается. Из-за этого еще больше уменьшаются потери давления в сети вентилятора, поэтому создается большое разрежение в коридоре, где открыт клапан дымоудаления, способствующее прижатию двери со стороны коридора этажа пожара. В это же время, из-за подпора воздуха в лестничную клетку, создаются большие перепады давлений на двери из коридора в лестничную клетку, окончательно блокирующие дверь с другой стороны. Человеку при таких условиях очень трудно, зачастую практически невозможно, открыть дверь.

Чтобы уменьшить перепад давления на двери до регламентируемого действующими нормативными документами значения (150 Па) пунктом 8.8 СП 7.13130.2013 [1], устанавливается положение о том, что, помимо систем вытяжной противодымной вентиляции из коридоров в зданиях более 28 м, необходимо проектировать системы приточной противодымной вентиляции для возмещения удаляемых объемов продуктов горения и дыма.

Для корректной совместной работы приточной и вытяжной систем противодымной вентиляции, высота компенсационного приточного отверстия должна быть рационально расположена относительно высоты расположения вытяжного клапана дымоудаления. В случае расположения клапана для притока наружного воздуха в верхней части коридора слой дыма и продуктов горения будет активно разрушать и перемешиваться со струей наружного воздуха будет. При этом образования незадымленного слоя, необходимого для передвижение людей к вертикальным путям эвакуации, в нижней части коридора не будет происходить. В связи с этим, клапан дымоудаления должен располагаться выше клапана для притока наружного воздуха.

Вопрос о взаимном расположении клапана приточной противодымной вентиляции по длине защищаемого помещения относительно вытяжной системы в нормативных документах [1] не отражается.

Для рассмотрения этого вопроса, а именно, определения наихудшего варианта задымления защищаемого объема коридора в зависимости от взаимного расположения приточного и вытяжного отверстий систем противодымной вентиляции был проведен численный эксперимент с помощью программного комплекса FDS [3]. Для его реализации моделировалось помещение площадью 30 м^2 и высотой 3 м, сообщающееся с угловым коридором длиной 30 м. В помещении располагался оконный проем размером 1,5х1,5 м. Очаг пожара размером 2,5х2,5х0,25 м моделировался в углу помещения. Пожарная нагрузка выбиралась в базе типовой пожарной нагрузки [4]. Коридор оснащался приточным и вытяжным отверстиями системы противодымной вентиляции размерами 0,8х0,6 м, взаимное расположение которых в ходе эксперимента менялось (рисунок 1 а, б, в).

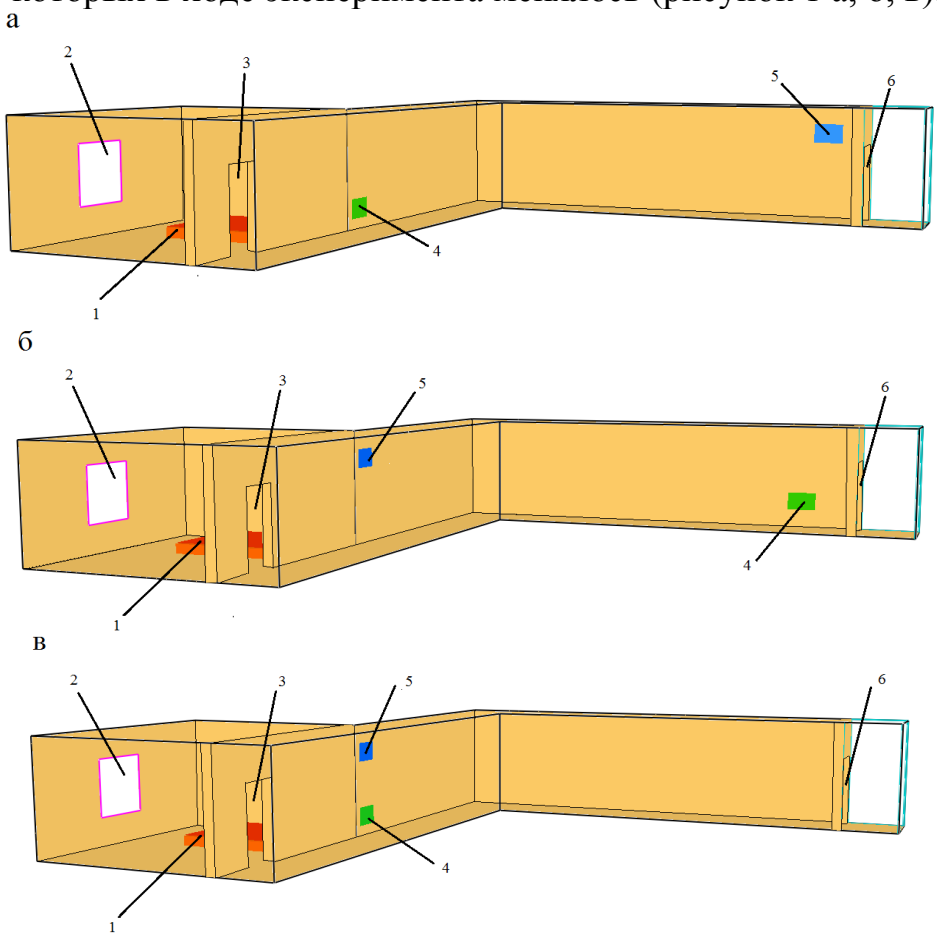


Рис. 1. Схема моделируемого сценария дымоудаления коридоре угловой конфигурации, в котором меняется взаимное расположение приточного и вытяжного отверстия приточной и вытяжной систем дымоудаления (приток рядом с очагом пожара – вытяжка у выхода в лестничную клетку (а), приток у выхода в лестничную клетку – вытяжка рядом с очагом пожара (б), приток и вытяжка у очага пожара (в): *1* — очаг пожара; *2* – оконный проем; *3* – дверной проем; *4* – клапан приточной системы дымоудаления; *5* – клапан дымоудаления; *6* – дверной проем в лестничную клетку.

По результатам численного эксперимента наблюдается разная картина задымления в коридоре на этаже пожара при совместной работе клапана дымоудаления и компенсации удаляемого воздуха в коридоре (рисунок 2 а, б, в).

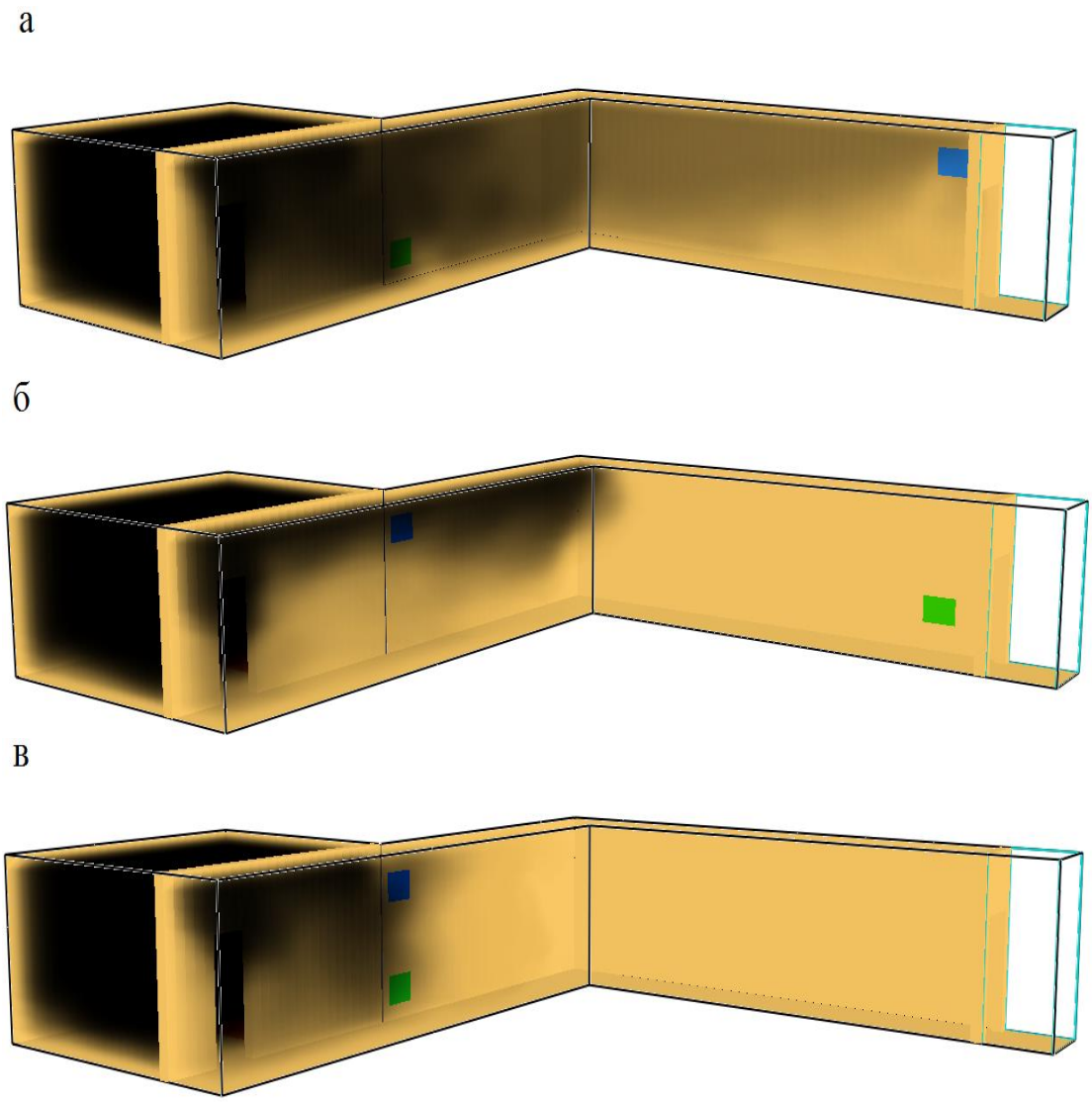


Рис. 2. Задымление в коридоре угловой конфигурации на 15 минуте пожара, при расположении приточного отверстия рядом с очагом пожара – вытяжного у выхода в лестничную клетку (а), приточного отверстия у выхода в лестничную клетку – вытяжного рядом с очагом пожара (б), приточного и вытяжного отверстия у очага пожара (в).

По результатам расчета можно сделать вывод, что хуже всего ситуация с задымлением складывается на рисунке 2 (а) при расположении отверстия приточной противодымной вентиляции для подачи наружного воздуха у дверного проема помещения с очагом пожара, а клапана дымо-

удаления вытяжной противодымной вентиляции у выхода в лестничную клетку. При таком расположении элементов этих систем вентиляции на 15 минуте пожара дым и токсичные продукты горения заполняют коридор по всей длине. Расслоения газовой среды на две ярковыраженные зоны дыма в верхней части коридора и незадымленного слоя воздуха в нижней его части не наблюдается. Таким образом, можно сделать вывод, что данный вариант подпора воздуха в нижнюю часть коридора является не эффективным.

По результатам на рисунке 2 (б) при расположении вытяжного отверстия приточной противодымной вентиляции у выхода в лестничную клетку, а клапана дымоудаления у двери помещения с очагом пожара коридор на 15 минуте заполняется дымом наполовину. Наблюдается расслоение газовой среды на две зоны. Средняя высота незадымленного слоя воздуха в нижней части коридора равна около 1,7 м. Такой вариант компенсации удаляемого дыма и токсичных продуктов горения является более эффективным для обеспечения незадымляемости путей эвакуации и создания необходимого давления на этаже пожара.

При размещении приточного и вытяжного отверстия соответственно приточной вытяжной противодымной вентиляции рядом друг с другом у дверного проема помещения с очагом пожара, на 15 минуте горения дым не распространяется по коридору, а заполняет объем коридора до места расположения противодымного клапана и притока воздуха приточной системы вентиляции. Этот вариант подачи наружного воздуха для компенсации удаляемых продуктов горения и дыма также является эффективным для обеспечения незадымляемости путей эвакуации.

Таким образом, по результатам численных экспериментов удалось определить наихудший, с точки зрения эффективности дымоудаления в коридоре, способ подачи наружного воздуха для компенсации объемов удаляемых из коридора продуктов горения, а именно расположение компенсирующего отверстия приточной системы противодымной вентиляции рядом с помещением с очагом пожара, а клапана дымоудаления у дверного проема в лестничную клетку (рисунок 2, а). В таком случае, по сравнению с двумя другими вариантами (рисунок 2 б, в), происходит быстрое задымление коридора, активное перемешивание дыма с чистым воздухом и заметного расслоения газовой среды на слой дыма и необходимого незадымленного слоя для эвакуации людей не создается.

Литература

1. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом МЧС РФ 21

февраля 2013 года № 116) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети библиотеки Академии ГПС МЧС России.

2. Рекомендации АВОК. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий. – М.: ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2015.

3. Кэвин, М. Руководство пользователя «Программа FDS–версия 5» [Текст] / М. Кэвин, Б. Клейн, С. Хостикка, Д. Флойд // Национальный институт стандартов и технологии США. – 2007. – 201 с.

4. Корольченко, А.Я., Корольченко, Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст]: Справ. изд.: в 2 кн. – М. : ПожНаука, 2004. – 774 с.

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В ВОПРОСАХ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Мусайбеков Асхат Гайнуллаулы

Предлагается оптимизировать процесс принятия решений при возникновении угроз пожарной безопасности и пожаров на нефтеперерабатывающих предприятиях Республики Казахстан. Проведен сравнительный анализ параметров и критериев оценки действующих отечественных и зарубежных СППР. Показаны пробелы в решении задачи пожарной безопасности и определены преимущества и перспективы использования метода прецедентов для решения оптимизационной модели.

Ключевые слова: оптимизация, поддержки принятия решений, пожарная безопасность, автоматизация, нефтеперерабатывающие предприятия, метод прецедентов.

THE SOLUTION OF OPTIMIZATION PROBLEMS IN THE QUESTIONS TO PROVE FIRE SAFETY IN REFINERIES

Musaybekov Askhat Gaynullauly

It is proposed to optimize the decision-making process in the event of fire safety threats and fires at oil refineries of the Republic of Kazakhstan. A comparative analysis of the parameters and crietria assessment of the existing domestic and foreign DSS. The gaps in solving the problem of fire safety are

shown and the advantages and prospects of using the method of precedents for solving the optimization model are determined.

Keywords: optimization, decision making support, fire safety, automation, oil processing enterprises, the case study method.

На территории Республики Казахстан действует более 100 нефтеперерабатывающих предприятий, чья деятельность связана с добычей, хранением, переработкой и транспортировкой легковоспламеняющихся углеводородов, а в зонах их размещения проживает почти половина населения Республики. В Казахстане отсутствует единая система предупреждения рисков пожарной безопасности и нефтеперерабатывающие заводы (Далее - НПЗ) используют разрозненные системы реагирования на угрозы. В данном исследовании ставится цель проанализировать используемые готовые решения и на основе метода прецедентов – это анализ возникнувших пожаров на НПЗ в РК и идентификации параметров возможных рисков. Кроме того, при идентификации параметров будет задействован анализ новейших зарубежных систем.

Статистика пожаров на НПЗ в РК подтверждает актуальность выбранных практикоориентированных направлений исследований и составляет за 2007-2017 гг. 176 случаев [1] (то есть 1-2 ед. средних и крупных пожаров в расчете на 1 НПЗ в РК ежегодно).

НПЗ используют различные системы гарантирования пожарной безопасности. Проведем анализ их эффективности путем разделения СППР на критерии. Эти данные в дальнейшим будут положены в основу решения задачи оптимизации критериев СППР. Автором ставится задача создать такой перечень, который будет исчерпывающим и, что главное, взаимоисключающим для каждого вероятного прецедента (решение задачи оптимизации + теория вероятностей для анализа возможных прецедентов). Метод прецедентов позволит впервые отойти от технологии и ликвидации опасностей к системе предупреждения по таким причинам: не будет прямой связи между критериями работы СППР и нарушение работы одной системы не повлияет на другую и на общий уровень пожарной безопасности. Для этого планируется в будущем построить соответствующую математическую модель как основу единой СППР для НПЗ Казахстана.

На данном (пилотном) этапе в основу выявления вышеуказанных критериев в основу положены данные по таким НПЗ в Казахстане: Атырауский, Павлодарский и Шымкентский. В дальнейшем на данных НПЗ планируется апробация единой модели ППР для НПЗ Казахстана.

В таблице 1 представлены функциональные характеристики СППР на указанных НПЗ. Справа мы ввели дополнительное поле, в котором по-

казаны компоненты новейших готовых разработанных за рубежом СППР [2-6], которые можно купить и внедрить уже сегодня. Как видно, компоненты СППР являются неполными.

Полученные данные говорят о несформированности единого подхода к выбору критериев СППР пожарной безопасности НПЗ. Это очень важный научный вывод, который позволяет говорить о несовершенстве предложенных (даже в комплексе!) компонентов СППР на НПЗ в Казахстане и за рубежом. Именно поэтому многие предприятия разрабатывают собственные системы принятия решений. Но при изменении даже небольших параметров данная система может давать отказ – реально возникает риска пожара, о чем и говорят данные статистики в РК.

В основу разработки параметров и решения задачи оптимизации параметров СППР пожарной безопасности НПЗ РК положен метод прецедентов. Тогда структура критериев для решения данной задачи будет иметь вид:

1) предупреждение рисков (X_a);
2) управление системой передачи данных (X_b);
3) реестр событий (X_c);
4) диспетчеризация (X_d);
5) технические параметры тушения (X_e);

система формирования отчетов (X_f).

Таблица 1. Используемые критерии принятия решений на некоторых НПЗ РК (Построено автором)

Группы и критерии работы СППР	Отечественные СППР					Зарубежные действующие системы на крупных НПЗ мира					
	Атырауский и Павлодарский НПЗ	Шымкентский НПЗ	АРМ-Гарнизон	АРМ-Диспетчер ЦУС	Пожароту-шение	KAMELEON FIREEX KFX (США)	PLC Fire Safety (США)	Fire and Safety Specialists Inc. (Канада)	Fire Station (С(А)	Fire Dinamic stimulation (Финляндия)	Fireplan (Германия)
	ТОО «ҚазМұнайГаз Өнімдері»	СППР ШНПЗ									
Предупреждение рисков											
Датчики возгорания	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Анализ горючести материало , оборудования и зданий	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+
Фиксатор погодных условий	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+
Нейронные сети	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+
Управление системой передачи данных											
Ручное	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Полуавтоматическое	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-
Автоматическое	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+
Реестр событий											
Только аналитические таблицы	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Только анализ ЧП	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Применение метода прецедентов	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
Диспетчеризация											
Прямая – на объекте	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Удаленная – транспортировка	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Технические параметры тушения											
Количество направлений тушения 2 и более	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Пожарные извещатели от 1 на 1000 м2	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
Инерционность срабатывания в сек. (от 2 сек)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Резервуары и безопасность жидких и газообразных веществ	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Система формирования отчетов											
Автоматическая	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
По запросу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Превентивная (предупредительная)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+

Представим данные группы критериев как элементы оптимизационной модели и получим прямую зависимость одной переменной от другой по данным работы систем в условиях НПЗ в РК, тогда получим такие параметры задачи оптимизации:

- действующая модель – простая линейная функция (1):

$$Z = \sum_{i=j}^{n} X_{an} + X_{bn} + X_{cn} + X_{dn} + X_{en} + X_{fn} \quad (1),$$

где Z – предполагаемый уровень пожарной безопасности НПЗ.

- предлагаемая модель – матричная (2). Она сформирована на основе задачи оптимизации и учитывает переменные компоненты – фактически это прямая реализация метода прецедентов. То есть модель направлена на исключение зависимости параметров и определения минимального количества работоспособных элементов для базового набора прецедентов. Для НПЗ РК будет разработан перечень элементов этого базового набора на основе анализа статистики пожаров за последние 15 лет.

$$Z = \sum_{j}^{n} n+1 \begin{pmatrix} X_{ai} & X_{bi} & X_{ci} \\ X_{di} & X_{ei} & X_{fi} \\ p & o & q \end{pmatrix}, \quad (2)$$

P, o, q – дополнительная переменные по вероятным, текущим и прогнозным презентантам.

Итак, в основу оптимизационной модели в будущей разработки автора будет положен метод прецедентов. Только в последний годы о нем стали говорить в научных кругах [9-11], но в сфере пожарной безопасности он не был реализован. Поэтому исследование автора является передовым в данной сфере, так как планируется его практическая реализация. Метод прецедентов позволит создать гибкую (редактируемую и накопительную) базу данных уникальных для нефтеперерабатывающих предприятий Казахстана компонентов работы СППР в сфере пожарной безопасности. На разработку данной модели планируется получение государственного гранта при поддержке Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. Данный проект имеет важное экономическое значения для государства, так как ежегодно затраты НПЗ РК на пожарную безопасность превышают 2, 7 млрд. тенге [8]. Если для всех НПЗ РК действует единая

нормативная база пожарной безопасности [12+-15], то и должна быть обеспечена единая система СППР.

Литература

1. Анализ ЧС по Республике (Архив за 2009-2017 год) // Комитет по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://emer.gov.kz/ru/

2. ТОО «ҚазМұнайГаз Өнімдері» для ТОО «Атырауский НПЗ» и ТОО «Павлодарский НХЗ». СППР - Шымкентский НПЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.azskmg.kz/

3. Обзор программного обеспечения для пожарного дела [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pojarunet.ru/obzor-programmnogo-obespecheniya-dlya-pozharnogo-dela.

4. Fire and Safety Specialists Inc. URL: http://teamfss.com/site.php

5. Kameleon Fireex KFX. URL: http://www.computit.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=526

6. PLC Fire Safety. URL: http://www.plcfire.com/

7. Управление информационными системами [Текст] : лабораторный практикум : Направление подготовки 09.03.03 – Прикладная информатика : Бакалавриат / [автор-составитель А. Ю. Орлова] ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Северо-Кавказский федеральный университет". - Ставрополь : Изд-во СКФУ, 2016. - 137 с.

8. Колесников Е.Ю. О Нормировании интервальных значений аварийного риска (риска ЧС) // Проблемы анализа риска. - 2016. - Т. 13. - № 2. - С. 66-71.

9. Макарова Е.С. Модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений в области ИТ-консультирования на основе метода прецедентов : автореферат дис. кандидата технических наук : 05.13.10 / Макарова Екатерина Сергеевна; [Место защиты: Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики]. - Новосибирск, 2017. - 22 с.

10. Сенников Н.Л. Все об интеллектуальной промышленной собственности. Ч. 2: Книга. Пояснения к праву: "Прецеденты и методы правоприменения". - 2009. - 101 с.

11. Нечипоренко О.А. Проектирование информационных систем с использованием метода основанного на прецедентах : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01. - Краснодар, 2003. - 146 с.

12. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 23 июня 2017 года № 439. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 17 августа 2017 года № 15501 «Об утверждении технического регламента "Общие требования к пожарной безопасности».

13. Закон Республики Казахстан от 11 апреля 2014 года № 188-V «О гражданской защите» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.06.2017 г.).

14. Приказ и.о. Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 26 декабря 2014 года № 300. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 12 февраля 2015 года № 10242 «Об утверждении Правил определения общего уровня опасности опасного производственного объекта».

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СТРУЙ ТЕМПЕРАТУРНО-АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ КЛАССА Е НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Чистяков Тимур Игоревич, Гусев Иван Александрович

В статье рассмотрены результаты экспериментального исследования струй температурно-активированной воды, используемых при тушении пожаров класса Е на объектах энергетики, а так же возникающие при этом электрические эффекты.

Ключевые слова: многоцелевой пожарно-спасательный автомобиль с установкой пожаротушения температурно-активированной водой, температурно-активированная вода, левитирующая пена, гетерогенный поток, аппарат испытания диэлектриков, электроустановка.

ELECTRICAL EFFECTS OF THE APPLICATION OF JETS OF A TEMPERATURE-ACTIVATED WATER TO EXTINGUISH FIRES OF CLASS E POWER PLANTS

Chistyakov Timur Igorevich, Gusev Ivan Aleksandrovich

The article describes the results of an experimental study of the temperature-activated water jets used to extinguish class E fires at energy facilities, as well as the resulting electrical effects.

Keywords: multi-purpose fire and rescue vehicle with a fire extinguishing system with temperature-activated water, temperature-activated water, levitating foam, heterogeneous flow, dielectric testing apparatus, electrical installation.

Безопасное и эффективное тушения электроустановок (ЭУ) под напряжением (пожары класса *Е*) на объектах энергетики является актуальной и далеко не полностью исследованной темой. Научные исследования в этой области проводились в 80-х годах прошлого столетия во ВНИИПО и ведутся по сей день в Академии ГПС МЧС России. Работы во ВНИИПО вылились в рекомендации [1] по применению компактных и прирывистых струй воды для тушения пожаров ЭУ под напряжением. Появление новых огнетушащих веществ (ОТВ) с низкой электропроводностью (компрессионная пена (KAFS) или температурно-активированная вода (ТАВ)) и технических средств их подачи способствует продолжению работ в этой области. Разработанные ВНИИПО и АГПС алгоритмы и методики для изучения ОТВ на предмет применимости про тушения пожаров класса *Е* позволили добиться определённых успехов в этом направлении.

При тушении пожаров класса Е на объектах энергетики подразделения пожарной охраны сталкиваются с рядом проблем [2]. Основной задачей при тушении электроустановок (ЭУ) под напряжением остается обеспечение электробезопасности. Эта проблема актуальна на электроэнергетических предприятиях где полное отключение электрооборудования может привести к последствиям более тяжёлым, чем последствия от пожара (например АЭС).

Упомянутые ранее рекомендации [1] по тушению ЭУ находящихся под напряжением, были приняты в 1986 году. В них сказано, что тушение электроустановок под напряжением всеми видами пен запрещено! С тех пор появились новые технические средства пожаротушения и ОТВ, в том числе и на основе воды. К таким средствам относится температурно-активированная вода (ТАВ), левитирующая пена (ЛП) и компрессионная пена (KAFS). Эти ОТВ интересны с точки зрения их применения для тушения пожаров класса Е.

В данной статье рассмотрены результаты пробных экспериментов по подаче струй ТАВ [3-7] на ЭУ переменного тока напряжением до 30 *кВ* и возникающие при этом электрические эффекты и протекающие по цепям экспериментальной установки электрические токи.

Предположительно электропроводность струй ТАВ крайне низкая, то есть при тушении ЭУ под напряжением вероятность получить поражение электрическим током через струю ТАВ тоже не велика. Для подтверждения этой гипотезы и были проведены пробные эксперименты. В качестве ЭУ напряжением свыше 1000 *вольт* в экспериментах использовался ранее применявшийся в работе [8] стенд (рис. 1) для определения тока утечки по струе огнетушащих веществ (вода, пена высокой и средней кратности). Стенд собран на основе аппарата испытания диэлектриков АИД-70М с мишенью из металлической сетки на опорных изоляторах ИОС-110-400 и опорой для установки пожарного ствола на изоляторах ИОМ – 10.

Принципиальная схема эксперимента представлена на рисунке 2. На схеме помимо приборов изображены цепи электрического тока и их сопротивления R1 – R10, а также паразитные ёмкости между землей и мишенью С1 и мишенью и стволом С2. На схеме, так же показаны первичные преобразователи (датчики) температуры, давления и расхода ТАВ, соединенные с регистратором многоканальным технологическим РМТ 59. При измерениях фиксировался ток утечки на землю от мишени через струю ТАВ и пожарный ствол, по показаниям микроамперметра РА2. Напряжение и сила тока в цепи мишени отслеживались по показаниям миллиамперметра и киловольтметра прибора АИД-70М. Весь процесс эксперимента снимался на фото и видео камеры.

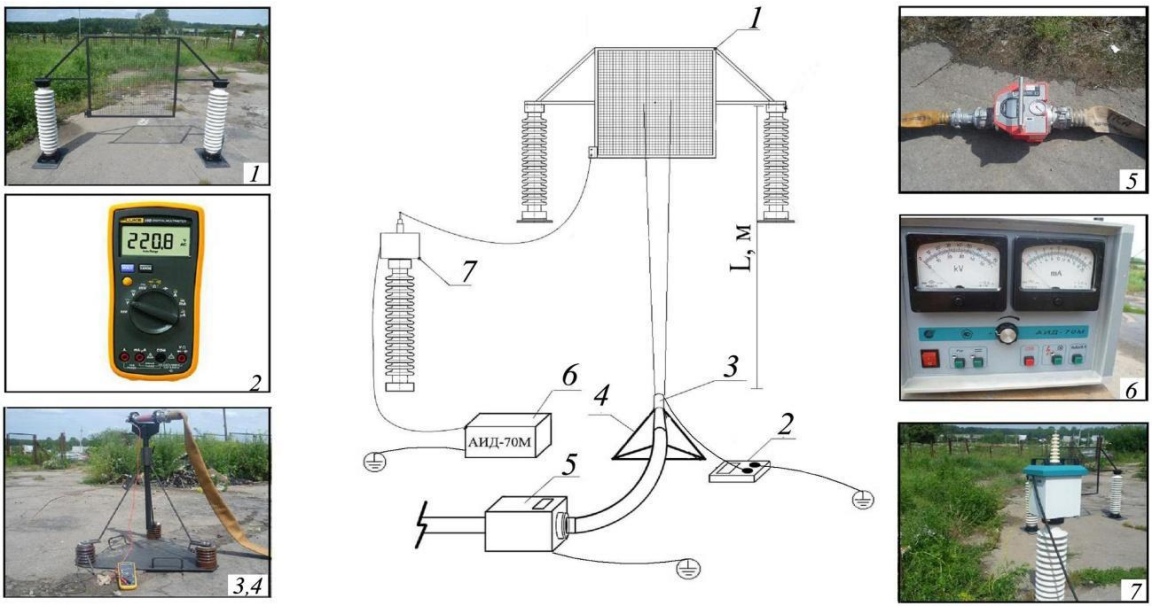


Рис. 1. Схема стенда по определению тока утечки по струе огнетушащего вещества из ручных пожарных стволов:
1 – мишень; *2* – цифровой мультиметр; *3* – испытываемый пожарный ствол*;*
4 – изолированная опора для установки пожарного ствола*; 5* – расходомер;
6, 7 – аппарат испытания диэлектриков АИД-70М

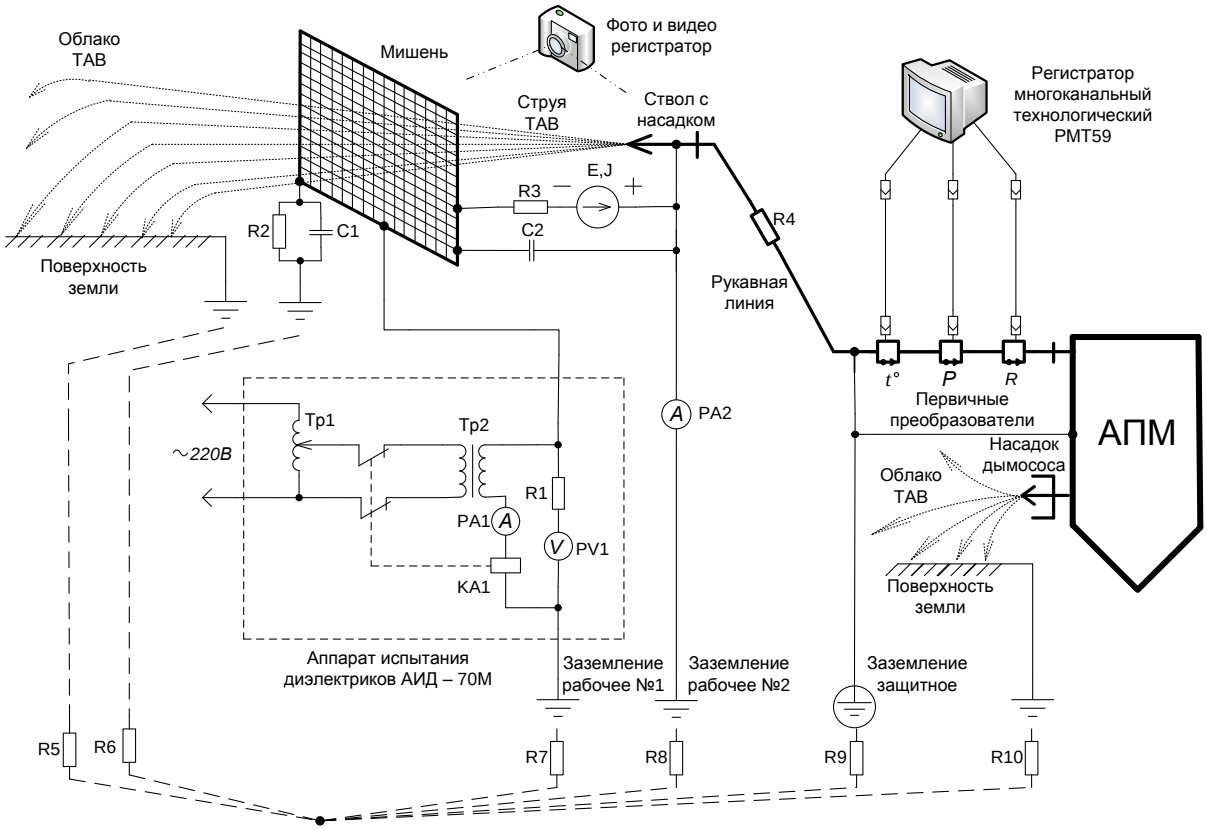


Рис. 2. Схема эксперимента по определению тока утечки по струе ТАВ на землю

Эксперименты показали следующие результаты:

1. Даже при расстоянии 0,5 *м* между стволом для подачи струи ТАВ и электрической мишенью и напряжении между ними 30 *кВ*, ток по струе не превышает максимальный ток 20 *мА* и не вызывает электрического пробоя и срабатывания токовой защиты КА 1 аппарата АИД-70М.

2. При ступенчатом увеличении напряжения от 0 до 30 *кВ* с шагом в 10 *кВ* сила тока, протекающая через РА 1 на землю, падает (!), а не растет с ростом напряжения, как можно было бы предположить.

3. С ростом интенсивности подачи струи ТАВ на мишень сила тока, протекающая через РА 1 на землю, уменьшается (!), как и при увеличении напряжения.

4. При увеличении расстояния от ствола до мишени сила тока, протекающая через РА 1 на землю, увеличивается (!), а не уменьшается как на первый взгляд, должно быть.

Надо отметить, что во всех случаях сила тока находилась в пределах значений от 0,4 до 0,1 *мА*, то есть если бы ствол для подачи ТАВ держал в руках человек, ток, протекающий через его тело в землю, не достиг бы даже значения ощутимого тока, то есть более 0,5 мА.

На первый взгляд, не логичные результаты экспериментов, можно объяснить явлением, которое было открыто случайно в 1840 году, а Уильям Армстронг (1810-1900), исследовал это явление. В разработанном им гидроэлектрическом генераторе струя пара получала положительный заряд, а котел приобрел отрицательный заряд [9]. В наших экспериментах взрывное вскипание, происходящее в сопле ствола для подачи ТАВ, приводит к трению образовавшихся капель о стенки сопла и вызывает образование электрического тока. Причем капли ТАВ заряжаются отрицательно, а корпус АПМ положительно, то есть с точностью до наоборот, чем в электрогенераторе Армстронга. Объясняется это, по всей видимости, тем, что после температурной активации вода приобретает некоторые диэлектрические свойства и обладает повышенной диэлектрической проницаемостью. При этом из-за нагрева сопла ствола для подачи ТАВ (ствол изготовлен из нержавеющей стали) работа выхода электронов с его поверхности уменьшается, и они легко переходят на поверхность капель ТАВ при трении капель о стенки сопла ствола. На рисунке 2 это явление обозначено как источник ЭДС и тока. Таким образом, ток и ЭДС генерируются в стволе с насадком для подачи ТАВ. Затем ток течет по рукавной линии, преодолевая её сопротивление R4, и стекает, через заземленный корпус АПМ на землю. В земле ток разветвляется, на несколько путей, но часть его протекает через рабочее заземление №1 аппарата АИД-70М и через вторичную обмотку его повышающего трансформатора подается к мишени, которая заряжается отрицательно электронами, частично стекающими с отрицательно заряженных капель ТАВ. Аппарат испытания диэлектриков АИД-

70М устроен так, что потенциал заземленного конца повышающего трансформатора аппарата равен ноль вольт, а потенциал мишени подключенной ко второму концу трансформатора соизмерим с размахом синусоиды переменного тока частотой 50 *Гц*. По этой причине направление электрического тока, который генерирует АИД-70М встречно электрическому току генерируемому струей ТАВ. В итоге токи вычитаются, а их разница в экспериментах измерялась микроамперметром РА2, чем и объясняются те результаты, что при увеличении напряжения на мишени и интенсивности подачи струи ТАВ, ток, стекающий со ствола на землю, не растет, а уменьшается. Этим же объясняется и увеличение тока стекающего на землю при увеличении расстояния от ствола до мишени.

При проведении экспериментов было обнаружено еще одно интересное явление, а именно после прекращения подачи ТАВ из ствола и отключении аппарата АИД-70М ток через микроамперметр РА2 продолжал протекать (!) в течении еще приблизительно 15-20 *минут*. Объяснение данного явления, по всей видимости, заключается в следующем: струи ТАВ образуют устойчивое длительно витающее в воздухе облако отрицательно заряженных капель ТАВ и водяного пара. Крупные капли ТАВ оседают достаточно быстро и поверхность земли, с находящимися на ней предметами, приобретает отрицательный электрический заряд. При этом, остальные капли постепенно оседают под действием силы тяжести, но происходит этот процесс медленно по причине того, что отрицательно заряженные капли ТАВ отталкиваются друг от друга и от заряженной поверхности земли. Кроме того в процессе взрывного вскипания каждая капля ТАВ приобретает спин вращения с хаотичной прецессией оси вращения, что способствует длительному витанию. Иными словами, мы имеем электрический ток, причиной которого, становится, постепенное оседание заряжены капель ТАВ на поверхность земли, под действием силы тяжести. Через землю этот ток в виде потока электронов попадает на положительно заряженный корпус АПМ и постепенно разряжает его в течении 15-20 *минут,* что и фиксируется миллиамперметром РА2.

Подытоживая можно сделать следующие выводы:

1. Начальная цель эксперимента по измерению тока утечки через струю ТАВ при тушении ЭУ напряжением свыше 1000 *вольт* достигнута лишь частично, из-за обнаруженных побочных электрических эффектов.

2. Методика эксперимента и конструкция экспериментальной установки должны быть усовершенствованы с учетом вышеописанных электрических эффектов.

3. Струи ТАВ могут быть использованы для безопасного тушения ЭУ под напряжением свыше 1000 *вольт* и дальнейшие исследования в этой области должны быть продолжены.

Литература

1. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением. Рекомендации. – М.: ВНИИПО, 1986. – 17 с.

2. Чистяков, Т. И. Мобильная установка пожаротушения температурно-активированной водой объектов энергетики [Текст] / Т. И. Чистяков, А. В.

Пряничников, А. П. Кармес // Проблемы техносферной безопасности – 2015. – г. Москва: Академия государственной противопожарной службы МЧС России. – 2015. – С. 138–142.

3. Роенко, В. В. Температурно-активированная вода – новое направление развития пожарной и аварийно-спасательной техники МЧС [Текст] / В. В. Роенко // Сборник трудов 6-ой юбилейной международной специализированной выставки “Пожарная безопасность XXI века» М.: 2006. – С. 96 – 100.

4. Храмцов С. П. «Технические средства подачи температурно-активированной воды теплоэнергетической установкой для тушения пожаров на объектах энергетики» [Текст] : дис. … канд. техн. наук 05.26.03 / Храмцов Сергей Петрович, Академия ГПС МЧС России. – М., 2011. – 239 с.

5. Скрипов, В. П. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии Скрипов В.П. [Текст] : справочник / В. П. Скрипов, Е. Н. Синицын, П. А. Павлов [и др.]. – М. : Атомиздат, 1980.

6. Руководство по эксплуатации Автомобиль пожарный многоцелевой АПМ 3-2/40-1,38/100 (43118) мод. ПиРо 3 (4) – МПЗ, М:, Академия ГПС МЧС России, ООО «Аква – Пиро – Альянс», ОАО «МПЗ», 2013.

7. ООО «Аква-ПиРо-Альянс» [Электронный ресурс] // ООО «Аква-ПиРо-Альянс»: [сайт]. [2000]. URL: http://аква-пиро-альянс.рф (дата обращения: 12.08.2015).

8. Колбасин А.А. «Нормирование требований к средствам тушения электрооборудования под напряжением на объектах энергетики» [Текст] : дис. … канд. техн. наук 05.26.03 / Колбасин Андрей Александрович, Академия ГПС МЧС России. – М., 2012. – 143 с.

9. ЗАО «ЧИП и ДИП» [Электронный ресурс] // ЗАО «ЧИП и ДИП»: [сайт]. [2006-2015]. URL: http:// www.chipdip.ru/video/id000277369/.

СЕКЦИЯ 2

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ, ВОЗНИКШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО АКТА

Щепилов Иван Александрович

Предлагается вариант программно-аппаратного комплекса поддержки управления силами пожарно-спасательного гарнизона при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене, возникших в результате террористического акта.

Ключевые слова: ликвидация чрезвычайных ситуаций, террористический акт, поддержка управления.

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX TO SUPPORT THE MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE GARRISON IN ELIMINATION OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE SUBWAY, WHICH AROSE AS A RESULT OF A TERRORIST ACT

Shchepilov Ivan Aleksandrovich

A variant of the hardware-software complex to support the management of fire and rescue garrison in elimination of emergency situations in the subway, which arose as a result of a terrorist act.

Keywords: elimination of emergencies, terrorist act, support for the management.

Вопросы ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, возникших в результате террористических актов поднималась в разное время. Симонов В.В. рассматривал вопросы организацию аварийно-спасательных работ спасательным центром МЧС России (при обрушении зданий), Невинный А.И. рассматривал вопросы повышения качества системы управления противодействия терроризму в МЧС России [5], Акимов В.А., Дурнев Р.А., Мещеряков Е.М., Тронин С.Я. рассматривали вопросы защиты пассажиров метро от терактов с применением ОХВ, Мещеряков Е.М. рассматривал вопросы экспертной поддержки принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций, возникших в результате террористиче-

ских актов [4]. Железнов А.А. рассматривал вопросы селекции факта террористического акта в местах с массовым скоплением людей.

В соответствии с законодательством Российской Федерации терроризм - идеология насилия и практика воздействия на принятие решения органами государственной власти, органами местного самоуправления или международными организациями, связанные с устрашением населения и (или) иными формами противоправных насильственных действий, террористический акт – совершение взрыва, поджога или иных действий, устрашающих население и создающих опасность гибели человека, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных тяжких последствий, в целях дестабилизации деятельности органов власти или международных организаций либо воздействия на принятие ими решений, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях [1].

Анализ террористических актов в мире показал, что в городах-мегаполисах первичными объектами для террористических актов являются места с массовым пребыванием людей, в том числе и метрополитены, которые имеют важное стратегическое значение и представляет собой сложнейшую инженерно-техническую систему, являясь при этом транспортом повышенной опасности.

В данной статье предлагается вариант программно-аппаратного комплекса поддержки управления силами пожарно-спасательного гарнизона при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене, возникших в результате террористического акта.

Назначение программно-аппаратного комплекса

На основании проведенных исследований разработан программно-аппаратный комплекс поддержки управления силами пожарно-спасательного гарнизона (ПАК) для решения следующих задач:

- установления факта и типа террористического акта в метрополитене на основе поступающей информации;
- осуществления прогноза количества и структуры пострадавших в результате террористического акта в метрополитене;
- определения типового комплекса мероприятий, осуществляемого силами пожарно-спасательного гарнизона;
- определения перечня сил, применимых для ликвидации чрезвычайной ситуации;
- определения необходимых сил для оказания медицинской помощи.

Ограничения и допущения

Исходя из вышеопределенных задач и их решения, в ходе исследования приняты следующие ограничения и допущения при функционировании ПАК:

- изначальное определение факта и типа теракта осуществляется на основании первичной информации;
- прогноз количества пострадавших в результате теракта в метрополитене производится на основании статистики поражений людей различными поражающими факторами. При этом учитывается примерное количество людей, попавших в зону поражения, определяемое в зависимости места совершения теракта и времени суток;
- комплекс мероприятий, проводимых силами пожарно-спасательного гарнизона, при осуществлении теракта в метрополитене, определяется на основании типовых алгоритмов действий;
- определение перечня сил, применимых для ликвидации чрезвычайной ситуации и выдача справочной информации об их возможностях, осуществляется как на основании прогнозируемой информации, так и по фактическим данным;
- определение потребных сил для оказания медицинской помощи пострадавшим осуществляется на основании методики.

Исходные данные необходимые для выполнения расчетов ПАК

Анализ решаемых задач ПАКом при ликвидации последствий терактов в метрополитене показал, что работа ПАК должна быть основана, прежде всего, на постоянном анализе поступающей информации. Для этого была взята модель предложенная Железновым А.А. [3] и актуализирована для настоящего времени.

Исследования показали, что вся поступающая информация классифицируются и условно разбиваются на следующие группы:

1. Степень готовности сил (рисунок 1);

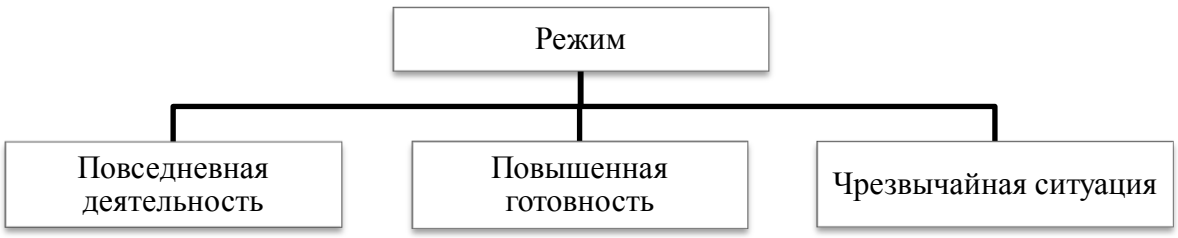


Рис. 1. Степень готовности сил

2. Сведения об объекте, на котором возможно осуществление террористического акта (рисунок 2);



Рис. 2. Сведения об объекте, на котором возможно осуществление террористического акта

3. Сведения поступающие по техническим средствам наблюдения (рисунок 3);



Рис. 3. Сведения, поступающие по техническим средствам наблюдения

4. Сведения поступающие с места чрезвычайной ситуации (рисунок 4);



Рис. 4. Сведения поступающие с места чрезвычайной ситуации

5. Сведения поступающие от медицинских служб, в которые направляются пострадавшие (рисунок 5);

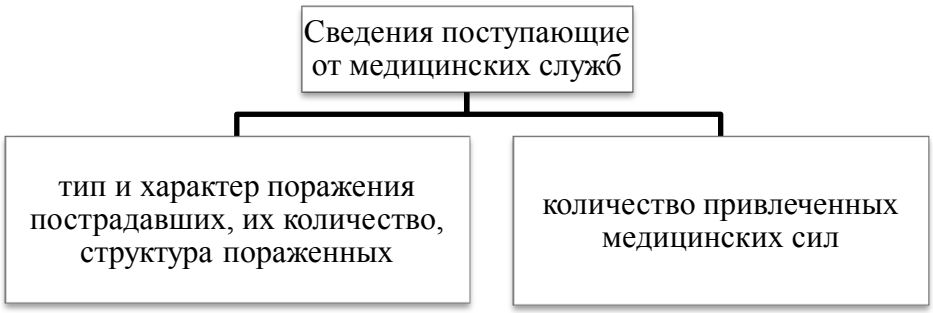


Рис. 5. Сведения поступающие от медицинских служб

6. Сведения поступающие от спасательных служб (рисунок 6)



Рис. 6. Сведения поступающие от спасательных служб

На основании проведенных исследований разработана структура поступающей информации с места возможной чрезвычайной ситуации, возникшей в результате теракта в метрополитене, которая представлена на рисунке 7 В результате этого, на основании поступающей информации, производится анализ обстановки и выработка решений на действия сил пожарно-спасательного гарнизона.

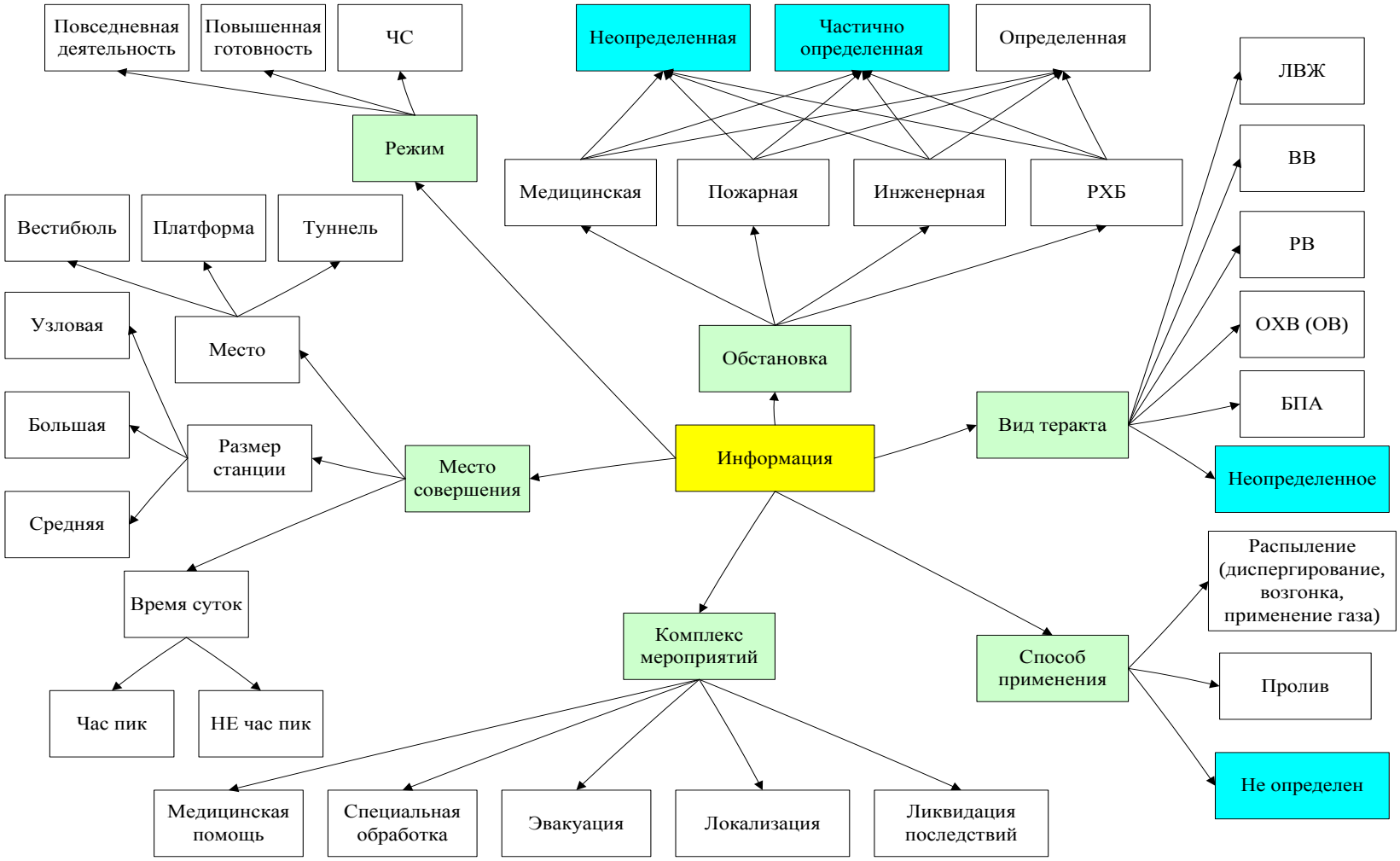


Рис. 7. Структура поступающей информации с места возможной чрезвычайной ситуации, возникшей в результате теракта в метрополитене

Укрупненный алгоритм (блок-схема) работы ПАК

На основании проведенных исследований, определенных задач и анализа необходимых исходных данных разработан укрупненный алгоритм работы ПАК, который представлен на рисунке 8.

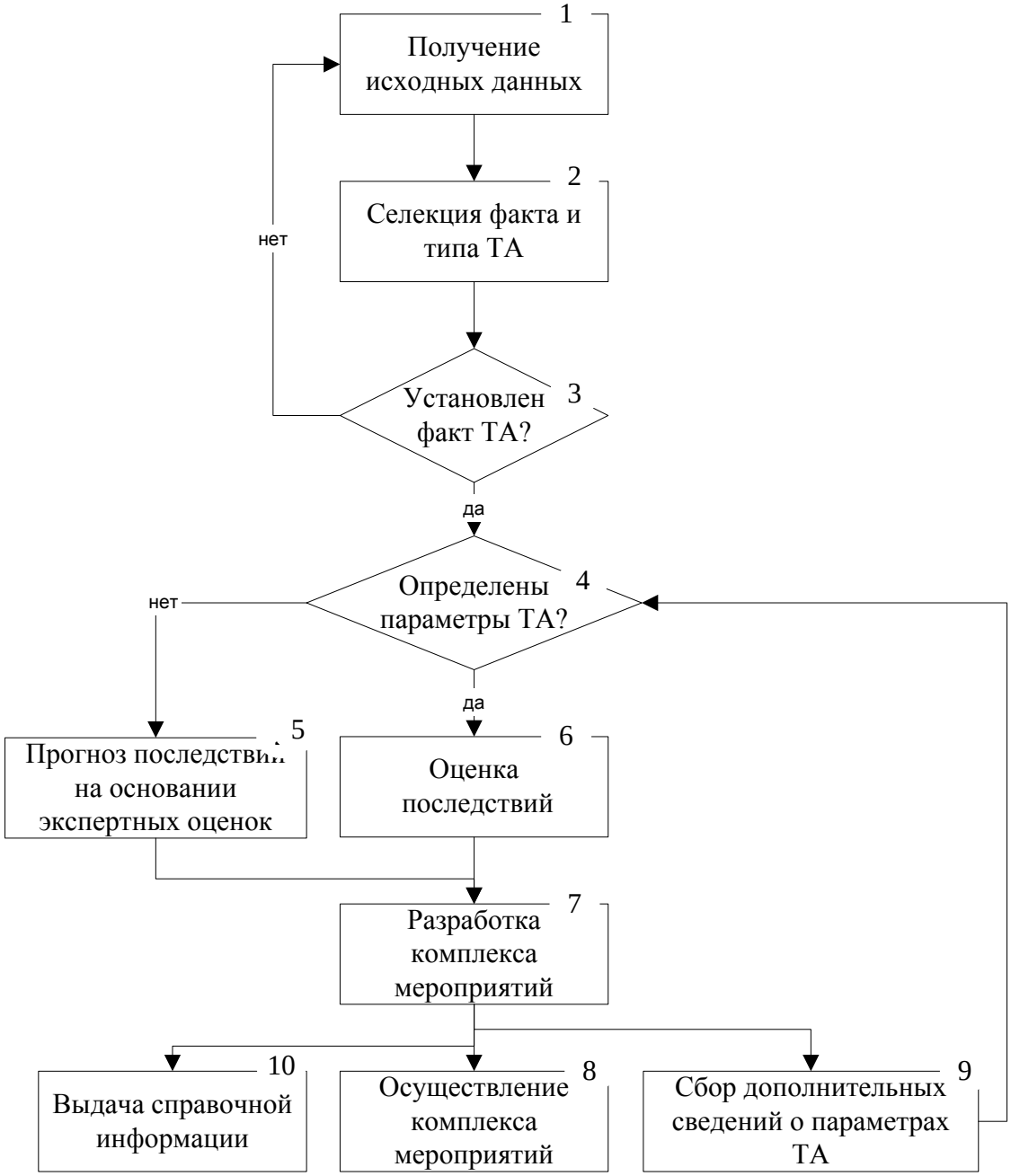


Рис. 8. Блок-схема укрупненного алгоритма ПАК

Предлагается следующий алгоритм работы ПАК:

- исходные данные, полученные из различных источников, стекаются в центр поддержки принятия решений и вводятся в систему поддержки принятия решений (блок 1);

- полученные данные анализируются в блоке селекции факта осуществления и типа террористического акта в метрополитене (блок 2). В случае если факт осуществления террористического акта не выявлен (блок 3), проводится повторный сбор исходных данных (блок 1), иначе – переход к анализу сложившейся обстановки (блок 4);

- если имеющихся исходных данных недостаточно для оценки последствий террористического акта, то осуществляется прогноз последствий на основании заложенных в систему экспертных оценок и эвристик (блок 5). Если имеющихся исходных данных достаточно, то производится оценка последствий террористического акта (блок 6);

- проведенный анализ сложившейся обстановки используется при разработке комплекса мероприятий по ликвидации ЧС, обусловленной террористическим актом в метрополитене (блок 7);

- разработанный с использованием системы поддержки принятия решений комплекс мероприятий реализуется и отслеживается на всех этапах (блок 8). Одновременно производится выдача дополнительной справочной информации по сложившейся ситуации (блок 10) и осуществляется сбор дополнительных сведений о параметрах террористического акта и ее последствиях (блок 9), которые используются для интерактивного анализа сложившейся обстановки (блок 4) с целью внесения корректив в выполняемый комплекс мероприятий ликвидации ЧС.

Выводы.

1. На основании проведенных исследований программно-аппаратный комплекс поддержки управления силами пожарно-спасательного гарнизона (ПАК) будет предназначен для решения следующих задач:

- установления факта и типа террористического акта в метрополитене на основе поступающей информации;
- осуществления прогноза количества и структуры пострадавших в результате террористического акта в метрополитене;
- определения типового комплекса мероприятий, осуществляемого силами пожарно-спасательного гарнизона;
- определения перечня сил, применимых для ликвидации чрезвычайной ситуации;
- определения необходимых сил для оказания медицинской помощи.

2. Анализ решаемых задач ПАКом при ликвидации последствий терактов в метрополитене показал, что работа ПАК должна быть основана, прежде всего, на постоянном анализе поступающей информации.

3. На основании проведенных исследований разработана структура поступающей информации с места возможной чрезвычайной ситуации, которая способствует проведению анализа складывающейся обстановки и выработки решений на действия сил пожарно-спасательного гарнизона.

4. Исследования, определенные задачи и анализа необходимых исходных данных позволил разработать укрупненный алгоритм работы ПАК.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 06.03.2006 г. № 35–ФЗ «О противодействии терроризму».

2. Указ Президента Российской Федерации от 7.03.1996 г. № 338 «О мерах по усилению борьбы с терроризмом».

3. Железнов А.А. Селекция факта осуществления террористического акта в местах массового скопления людей в центре поддержки принятия решений в кризисных ситуациях. М: Технологии гражданской безопасности – 2007 3 том 4, 4 с.

4. Мещеряков Е.М. Модель экспертной системы поддержки принятия решений по действиям сил МЧС России при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на объектах метрополитена, возникших в результате совершения террористических актов М: Технологии гражданской безопасности – 2008 1-2 том 5, 85-94 С.

5. Невинный А.И. Повышение качества системы управления противодействием терроризму в МЧС России. Материалы VI международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России - 2017,С. 465-466.

ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА КАК ПОКАЗАТЕЛИ ОПАСНОСТИ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Рашкевич Нина Владиславовна

В ходе работы рассмотрено химическое загрязнение атмосферного воздуха над территорией полигонов твердых бытовых отходов. Проанализированы факторы от которых зависит уровень техногенно-экологической безопасности объектов депонирования отходов. Установлено, что количественное и качественное образование химических веществ в результате разложении отходов подлежит эффективному контролю и прогнозу с учетом достижений в науке и технике.

Ключевые слова: химические вещества, полигоны твердых бытовых отходов, атмосферный воздух, опасность, чрезвычайные ситуации.

CHEMICALS SUBSTANCES AS INDICATORS OF DANGER ON THE POLYGONS OF MUNICIPAL SOLID WASTE

Rashkevich Nina Vladislavovna

In the course of the work dealt with chemical pollution of atmospheric air over the territory polygons of municipal solid waste. An analysis of the factors on which the level of technogenic-ecological danger objects the deposition of the municipal solid waste. It is established that the quantitative and qualitative formation of chemical substances as a result of decomposition of waste is sub-

ject to the effective control and forecast taking into account advances in science and technology.

Keywords: chemicals substances, polygons of municipal solid waste, atmosphere air, danger, emergency situation.

Твердые бытовые отходы (ТБО) в большей степени подлежат депонированию на мусорных свалках, специальных полигонах, что является более простым и менее затратным способом утилизации. Значительная часть этих объектов перегружены и не отвечает требованиям безопасности. Полигоны выступают мощным источником образования химических веществ, которые загрязняют окружающую среду в штатном режиме работы, а также в результате возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). ЧС связаны с горением отходов и (или) свалочного газа, при этом выделяется большое количество тепла и вредных токсических продуктов горения. Атмосферный воздух – среда накопления газообразных, жидких, твердых экологически-опасных веществ. Результаты качественного контроля (мониторинга) состояния изменения атмосферы над территориею полигонов ТБО дают информацию для надежного обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, устранения или минимизации вероятности пожаров (взрывов).

Вопросы обеспечения техногенно-экологической безопасности полигонов ТБО рассмотрены многими учеными, среди которых М. Е. Краснянский, А. Бельгасем, Т. А. Осипова, А. В. Комаров, В. В. Лопатин, Г. М. Батракова, М. Г. Бояршинов (оценка образования свалочного газа), О. А. Шаимова, Т. А. Орцханов, Е. В. Левин, Р. Ф. Сагитов, Т. В. Ашихмина, Т. В. Овчинникова, Е. М. Меркулова (разработка организационно-технических средств и мероприятий), В. В. Вамболь, Ю. М. Зинюков, Е. И. Ковалева, И. М. Янников, М. Б. Корбут, А. М. Шарова, А. Н. Бармин (организация мониторинга), А. Г. Власов (определение показателей пожарной и экологической опасности), П. Фосс-Смит (возникновения и ликвидации пожаров), Т. А. Алешина (причины возгораний отходов, их последствия), В. В. Попович (в контексте фитомелиоративных мероприятий рассмотрен состав продуктов горения), Т.Г. Середа (использования гидроботанического метода прекращения протекания окислительных процессов), Н. Кудечка-Пуриня, В. Кудечкис (оценка риска воспламенения на разных стадиях утилизации), Ю. А. Олениченко, А. Н. Соболь (оптимизация средств мониторинга тепловых полей), А. Рим-Рукех (оценка вклада очагов возгорания на загрязнение атмосферного воздуха), А. Музилли (применение дистанционных методов для обнаружения пожаров на ранних стадиях), Т. Талхамер, Т. Сперлинг (оценка тления внутри тела полигонов) и другие.

Однако, вопросы загрязнения опасными химическими веществами, как индикаторов ЧС во времени и пространстве на территории депонирования отходов, в полной мере не раскрыты. Статистические данные о чрезвычайных ситуациях [1] свидетельствуют про низкий уровень обеспечения техногенно-экологической безопасности. Существует необходимость рассмотреть факторы формирования проявления загрязнения. Методика мониторинга источников образования опасности заключает в себе сложный и многообразный процесс исследования, который в итоге для получения правдивых результатов должна учитывать все стадии жизненного цикла полигона ТБО.

Цель исследования – повышение уровня техногенно-экологической безопасности полигонов депонирования ТБО. Объект исследования – химические вещества над территорией полигонов ТБО. Предмет исследований – анализ факторов, которые сопутствуют формированию уровня опасности возникновения и развития химического загрязнения атмосферного воздуха.

Согласно ряду нормативных документов атмосферный воздух в зоне влияния полигонов ТБО подлежит контролю. С помощью контактных методов исследования (фотометрия, газовая хроматография, гравиметрия, фотокалориметрия) ежеквартально над поверхностью объекта и на границе санитарно-защитной зоны проводятся заборы проб для замеров содержания загрязняющих веществ. При этом на каждом этапе существуют систематические погрешности, которые могут быть приближены к 25 %, а определение веществ продолжатся несколько дней. Таким образом, вырисовывается общая статистическая картина загрязнения воздуха.

Перспективными современными методами диагностики состояния атмосферы (состава химических веществ, климатических показателей) выступают дистанционные на основе ГИС-технологий, законов оптики (лазерные комплексы). Преимущество заключается в высокой информативности, оперативности, чувствительности, надежности, безопасности [2]. Интерпретации полученных результатов при диагностике зоны загрязнения для воспроизведения параметров атмосферы (дешифровка с помощью программных разработок) расширяет возможности по получению правдивых своевременных данных для разработки и внедрения мероприятий по повышению безопасности экосистемы в целом.

ТБО в течение своего жизненного цикла на территории полигонов, начиная с первых дней захоронения, подвергаются физико-химическому, биологическому разложению с образованием свалочного газа. Начальная стадия разложение происходит при наличии кислорода с выделением большого количества тепла с переходом к анаэробному процессу. Эмиссия свалочного газа несет опасность: токсического воздействия для работающего персонала на полигоне, близлежащего населения,

растительного покрова; образование пустот в следствии просадка грунта; появление очагов возгорания с дальнейшим развитием пожара; создание взрывоопасной ситуации; в глобальном масштабе – повышение парникового эффекта.

На степень образования продуктов разложения отходов влияет ряд факторов: состав отходов (морфологический, фракционный и химический), условия образования метана (влажность, плотность, кислотность, температура, наличие окислителя, время), условия депонирования (площадь, высота, степень уплотнение, изоляция слоев), климатические и геологические условий, реализация организационно-технический мероприятий по обеспечению безопасности (наличие защитных покрытий, систем улавливания).

В состав свалочного газа в основном входят: метан, сероводород, углекислый и угарный газы, оксид и диоксид азота, аммиак, водород, ангидрид сернистый, бензол, фенол, формальдегид, хлорорганические соединения. С газами могут выделяться аэрозоли различных металлов. Химические вещества в зависимости от молекулярного состава, концентрации, синергетического эффекта определяют уровень опасности загрязнения окружающей среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) основных загрязняющих веществ наведены в таблице 1.

Таблица 1. ПДК основных загрязняющих веществ, которые выделяются в атмосферный воздух над территорией полигонов.

Наименование вещества	$ПДК_{м.р.}$, мг/м^3	$ПДК_{с.с.}$, мг/м^3	Класс опасности
Азот оксида	0,4	0,06	3
Азот диоксида	0,085	0,04	2
Аммиак	0,2	0,04	4
Бензол	1,5	0,1	2
Метан	–	50,0	4
Сернистый ангидрид	0,5	0,05	3
Углерода оксид	5,0	3,0	4
Углерода окись (угарный газ)	0,05	0,15	4
Сероводород	0,008	–	2
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Трихлорметан	0,1	0,03	2
Углерод 4-хлористый	4,0	0,7	2
Хлорбензол	0,1	0,1	3
Ртуть металлическая	–	0,0003	1

Состав отходов неповторим не только для разных стран, но и разных регионов. Социально-экономическое положение, привычки населения, сезонные изменения, наличие приусадебных участков (органические отходы используются в виде удобрения или подлежат сжиганию), различная мето-

дика учета (анализа) состава и классификации отходов, реализация системы раздельного сбора определяют состав ТБО.

Морфологический, фракционный, химический состав отходов предопределяет разную способность к разложению и нагреванию – образуется сложно прогнозированный спектр химических соединений. К компонентам отходов относятся: бумага, пищевые отходы, дерево, металл, текстиль, пластик, кости, стекло, кожа, резина, камни, отсев и др. Малую долю представляют опасные отходы – аккумуляторы, остатки красок, косметические изделия, люминесцентные лампы, схемы (платы) электрических приборов. С ними в атмосферу попадают тяжелые металлы, марганец, цинк, кислоты, свинец, происходит синтез диоксинов и других ксенобиотиков, что приводит к серьезным изменениям и заболеваниям.

Основными факторами, которые влияют на образование парникового газа метана, кроме состава отходов (некоторые химические вещества выступают ингибиторами; органические компоненты, мелкие частицы, низкая плотность способствуют газообразованию), являются влажность (имеет важное значение для жизнедеятельности метанобразующих бактерий), водородный показатель (пониженная pH замедляет процесс метаногенеза), температура воздуха, самих отходов, их теплопроводность, а также время захоронения (в среднем через 2 года стабилизация газовыделения). Полигоны ТБО максимально опасны в жаркое время года и в среднем до 20 лет после захоронения отходов. Однако необходимо не забывать, что после закрытия объекта, опасность возникновения ЧС сохраняется.

Климатические условия участвуют в накоплении, перемешивании, перемещении, вымыванию химических веществ. Ветер переносит вредные вещества, поверхность воды (влажность воздуха) адсорбирует, растворяет их. Однако необходимо помнить, что потоки ветра могут охлаждать, давать приток кислорода, разносить опасность на расстояние. На территориях полигонов находится огромные объемы отходов, частичная перегруженность и не соответствие нормам безопасности исключает самоочищение воздуха.

Химическая активность атмосферы в результате фотохимических реакций определяет образование новых вторичных опасных веществ (например, при фотоокислении метана на выходе формальдегид).

Возможная инверсия температуры приводит к вертикальному застою (накопление) загрязняющих веществ возле поверхности тела полигона. Повышается вероятность загораний (задымлений). Высокая температура воздуха (летний период) ускоряет биологическое разложение отходов, активизируется химическое окисления с последующим повышением температуры. Зачастую отток тепла из толщи отходов недостаточен, что приводит к самовозгоранию. Горение может происходить, как открыто на поверхности, так и скрыто в толще отходов (при недостатке кислорода). Об-

разовавшиеся продуктов горения отличаются за химическим составом и токсичностью соединений. При полном окислении метана образуется углекислый газ и вода: $CH_4 + 3O_2 = CO_2 + 2H_2O$; при неполном – угарный газ и вода: $2CH_4 + 6O_2 = 2CO_2 + 4H_2O$ или мелкодисперсный углерод (сажа): $CH_4 + O_2 = C + 2H_2O$.

Так, в работе [3] экспериментально установлено при горении (пиролизе) полимерных материалов на основе полиакрилонитрила зависимость объем выбросов водорода, синильной кислоты, аммиака, окиси и двуокиси углерода от температуры и наличия, а также недостатка кислорода. Упомянутые вещества могут выступать как идентификаторы начальной стадии развития ЧС.

Наличие системы сбора метана с дальнейшим энергетическим использованием сокращает выбросы в воздух загрязняющих веществ, что положительно сказывается на качестве воздуха и снижает потенциальный риск для здоровья человека.

Моделирование образования и распространения химических веществ показывает закономерности химического загрязнения атмосферного воздуха, вероятность возникновения источников ЧС. Недостаточное количество входных данных, их качество, а также упрощенное представление о процессах газообразования приводит к значительным погрешностям. Поэтому результаты математического моделирования должны рассматриваться для конкретного объекта, подкрепляться эффективными полевыми исследованиями.

Таким образом, индикаторами загрязнение атмосферного воздуха, а также начальной стадии возникновения пожаров (взрывов) выступают химические вещества над территорией полигонов ТБО. Процесс образования опасных веществ на полигонах зависит от множества факторов, которые имеют свои сложности учета. Результаты исследований изменения качественного и количественного состава атмосферного воздуха служат основой не только для разработки управленческих решений по обеспечению техногенно-экологической безопасности, а и своевременного прогноза, выявления тенденций возникновения источников опасности ЧС.

Литература

1. World Fire Statistics. International Association of Fire and Rescue Service [Electronic resource]. Available at: http://www.ctif.org/ctif/world-fire-statistics.

2. Vambol, V. Rashkevich, N. Analysis of methods of identification of ecologically danger substances in atmospheric air / Техногенно-екологічна безпека: наук.-техн. журнал. Х.: НУЦЗ України, 2017. Вип. 2. С. 73-78.

3. Рашкевич Н.В. Исследование состава продуктов горения синтетического волокна / East journal of security studies. 2017. № 1. С. 194-201.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Махнёва Арина Николаевна, Солодовников Александр Владимирович

В статье приведен анализ сейсмической активности на территории Западной Сибири за 1995–2017 г. Установлены наиболее характерные зависимости между, интенсивностью, глубиной сейсмических событий, а также временем и местом их возникновения. Приведен обзор наиболее ярких примеров сейсмических явлений как природного, так и техногенного происхождения.

Ключевые слова: сейсмическая активность, опускание земной поверхности, Западная Сибирь, анализ, динамика.

ANALYSIS OF DYNAMICS OF SEISMIC ACTIVITY ON THE TERRITORY OF WESTERN SIBERIA

Makhneva Arina Nikolayevna, Solodovnikov Aleksandr Vladimirovich

The article is an analysis of seismic activity in the territory of Western Siberia for 1995-2017 year. The most characteristic dependencies between, intensity, depth of seismic events, and also time and place of their occurrence are established. The review of the most striking examples of seismic phenomena of natural and technogenic character is made.

Keywords: seismic activity, lowering the earth's surface, Western Siberia, analysis, dynamics.

Сейсмичность Западной Сибири в пределах границ Российской Федерации на сегодняшний день остается малоизученной. Ввиду редкости сильных сейсмических событий, а также из-за ограниченной возможности регистрации слабых землетрясений для этой территории ощущается недостаток данных о сейсмических событиях. Территория Западной Сибири практически асейсмична, за исключением ее юго-восточной части, так называемой Алтае-Саянской горной страны. Низкогорная окраина Алтае-Саянской области выделяется редкими, но достаточно сильными землетрясениями [1]. Кроме того, в последнее время, в связи с интенсивной добычей углеводородов происходят землетрясения в абсолютно асейсмичных районах Западной Сибири, так, например, несколько толчков были зафиксированы на территории Тюменской области. Между тем на территории Западной Сибири сосредоточены основные нефтегазодобывающие произ-

водства страны, представляющие собой сложные технические системы, требующие высокого уровня обеспечения безопасности. В связи с этим, вопрос сейсмичности Западной Сибири, на данный момент, является актуальным и практически значимым.

Для определения величины возможных нагрузок на сложные технические системы нефтегазодобывающих производств был проведен анализ динамики сейсмической активности на территории Западной Сибири. В дальнейшем планируется применить результаты анализа к исследованиям деформации оборудования при землетрясениях.

По данным о землетрясениях, зарегистрированных Федеральным исследовательским центром «Единая геофизическая служба Российской академии наук» с 1995 по 2017 год [2] большая часть землетрясений, произошедших за отчетный период, было зафиксировано на территории Республики Алтай, здесь же происходили самые сильные землетрясения, а также землетрясения с наибольшей глубиной (рис. 2,3,4).

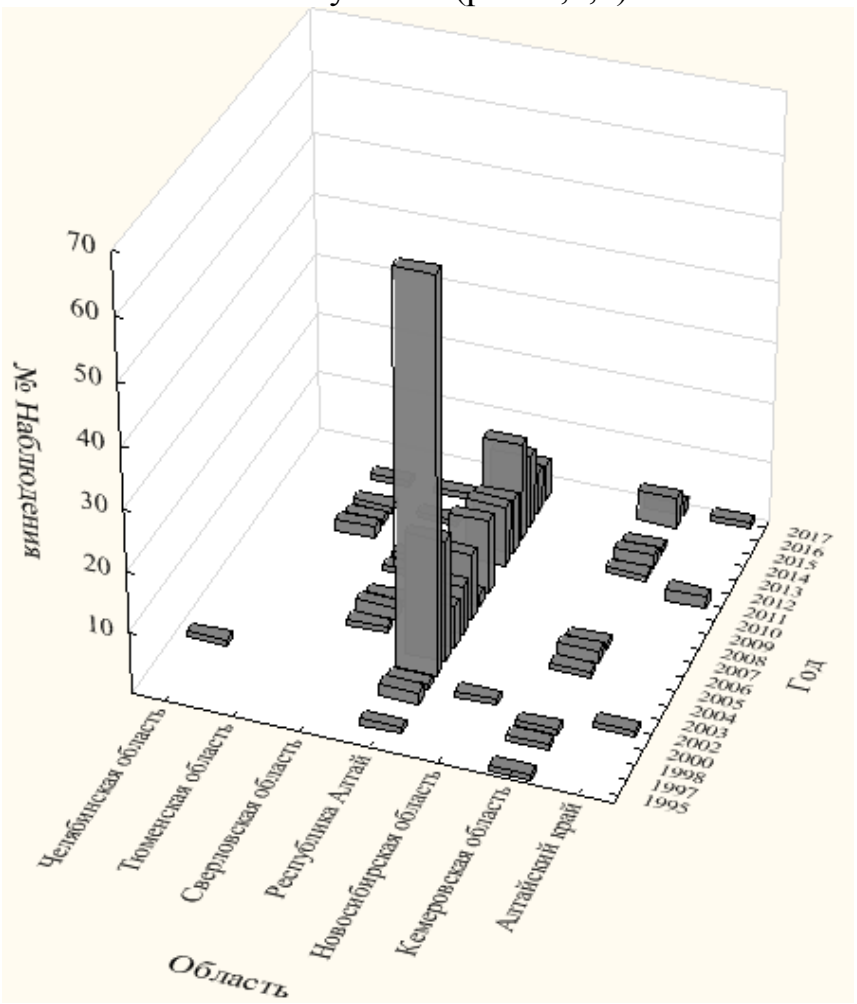


Рис. 2. Распределение землетрясений Западной Сибири по областям за 1995–2017 г.[2]

Самое сильное землетрясение (так называемое Чуйское землетрясение) зарегистрировано на территории Республики Алтай 27 сентября 2003 года недалеко от села Кош-Агача, его магнитуда составила 6,7 баллов, глубина 33 км. За последующие сутки сейсмостанции зарегистрировали ещё около 140 афтершоков. В Алтайском крае землетрясение вызвало повреждения высотных сооружений: дымовых труб, водонапорных башен, опор линий электропередачи, часть из которых потребовали сноса или серьёзного ремонта. По некоторым данным в марте 2016 года, в районе землетрясения зафиксирован ряд подземных толчков. Следует отметить, что на Алтае ведется интенсивная добыча твердых полезных ископаемых и землетрясения могут послужить причиной обвалов и прочих неблагоприятных событий на рудниках. Кроме того ведение горных работ зачастую является причиной техногенной сейсмической активности.

Одно из таких землетрясений произошло в городе Североуральск Свердловской области на шахте по добыче бокситов. Толчок, вызванный горным ударом, зарегистрирован 13 февраля 2010 г., глубина землетрясения составила 10 км. Геофизическая служба Российской академии наук присвоила этому техногенному происшествию магнитуду 4,7 баллов [2]. Однако техногенный характер землетрясения был опровергнут.

Крупным центром развития угольной промышленности и металлургии является Кемеровская область. 19 июня 2013 года в Кемеровской области произошло землетрясение магнитудой 5,3–5,6 баллов. Интенсивность землетрясения в эпицентре составила 7 баллов. Эпицентр землетрясения располагался недалеко от Бачатского разреза, в 5 км от села Старобачаты и в 21 км от г. Белово. Гипоцентр землетрясения находился на глубине 4 км. Землетрясение считается самым сильным на территории области за последние 100 лет. Было зафиксировано около 25 афтершоков. По словам очевидцев в домах раскачивались люстры, двигалась мебель, сыпалась штукатурка. В области на три дня была прекращена работа шахт и разрезов. Таким образом, можно предположить наличие зависимости между землетрясениями и добычей твердых полезных ископаемых.

Изредка Землетрясения происходят и в Тюменской области, однако они имеют сугубо техногенный характер и происходят в местах добычи углеводородов. Магнитуда таких землетрясений составляет порядка 4 баллов, а глубина порядка 10–20 км. Кроме землетрясений на месторождениях происходит оседание земной поверхности. Данные явления связаны с извлечением углеводородов, а также закачкой жидкости в пласт [3].

Добыча нефти на территории Западной Сибири началась на Шаимском месторождении. Специалисты утверждают, что скорость современных вертикальных движений земной поверхности в районе Шаимского месторождения составляет 2–3 мм /год [4].

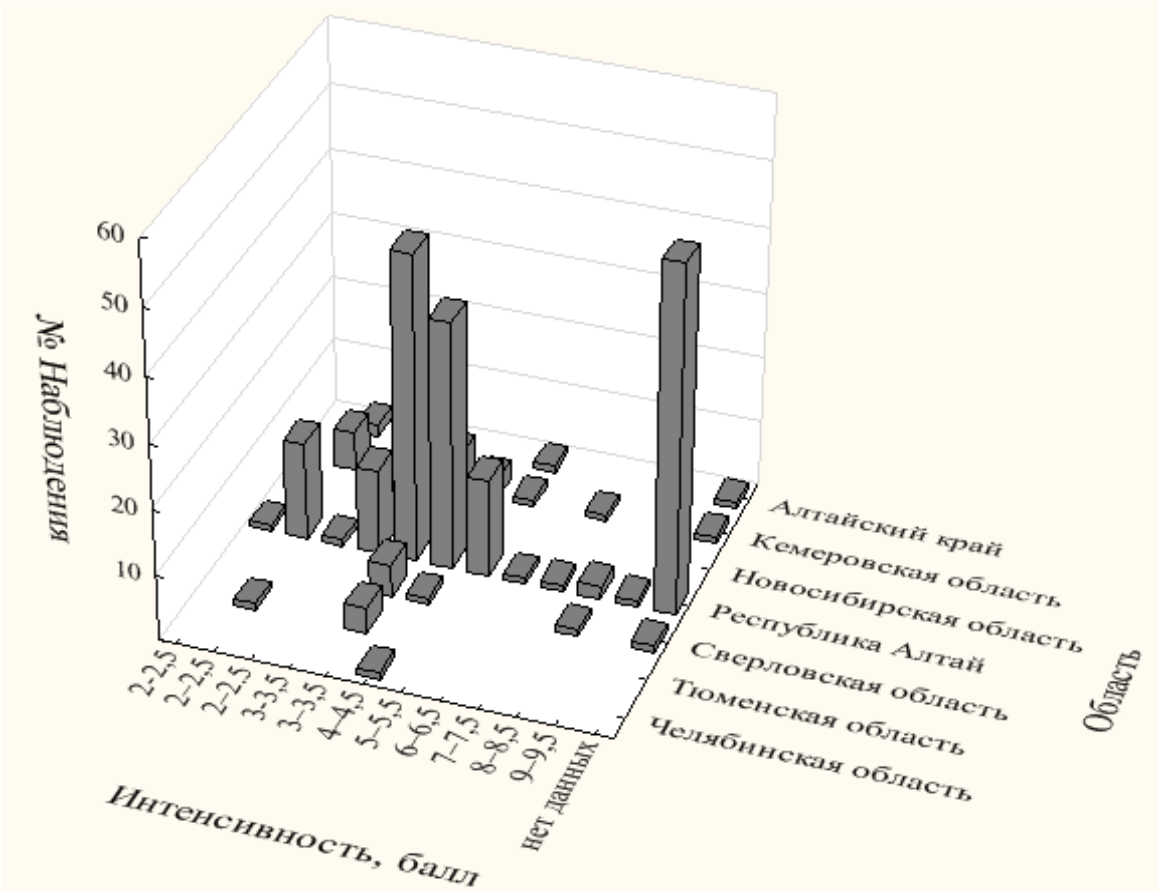


Рис. 3. Распределение интенсивности землетрясений в Западной Сибири по областям за 1995–2017 г. [2]

На территории Ханты-Мансийского автономного округа находится крупнейшее в России и 6-е по размеру в мире нефтяное месторождение – Самотлоорское нефтяноое месторождеение. Добыча ведется на месторождении с 1969 г., а в 1970 г. установлены нагнетательные скважины. Результаты геодезических измерений показывают, что на Саматлорском месторождении происходит опускание земной поверхности со скоростью порядка 0,7–1,3 мм /год [5].

Недалеко от Саматлорского расположено Мегионское месторождение нефти. Опускание земной поверхности в районе месторождения составляет 0,8 –1,6 мм /год.

Опускания, а также подъем земной поверхности зафиксированы на ряде месторождений Сургутского района: Усть-Балыкское месторождение – опускание более 20 мм (за период август 1989 – февраль 1990 г); Западно-Сургутское месторождение – опускание порядка 0,7 мм/год; Правдинское месторождение – подъем земной поверхности со средней скоростью 2,2 мм/год.

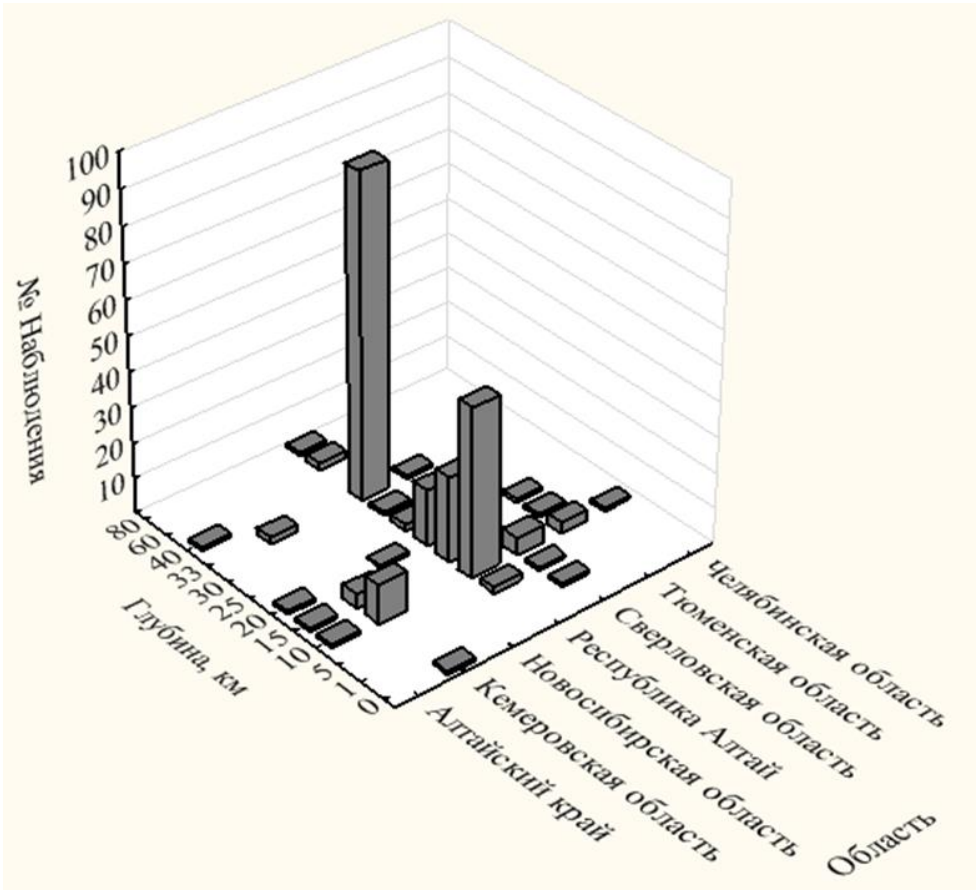


Рис. 4. Распределение глубины землетрясений в Западной Сибири по областям за 1995–2017 г. [2]

Сегодня мы можем наблюдать землетрясения и опускания земной поверхности в районах, где это явление раньше считалось практически невозможным. Таким образом можно предположить, что добыча полезных ископаемых может провоцировать сейсмическую активность путем изменения напряжений в земной поверхности. И здесь возникает ряд вопросов. Например, сможет ли выдержать та или иная конструкция нагрузку, не предусмотренную проектной документацией? И нужно ли вести мониторинг сейсмической активности на подобного рода территориях? Подход к обеспечению безопасности объектов нефтегазодобывающих производств должен иметь комплексный характер, равнозначно рассматриваться с точки зрения экологии, строительства, промышленной безопасности, поскольку только многогранный взгляд на проблему позволит найти ее правильное, рациональное решение.

Литература

1. Н.Д. Жалковский, Ф.С. Моисеенко. Землетрясения в Западной Сибири // Естественнонаучный популярный журнал «Природа» – 1966. – С.82–86.

2. Данные о землетрясениях, зарегистрированных Федеральным исследовательским центром «Единая геофизическая служба Российской академии наук» с 1995 по

2017 год [Электронный ресурс] // ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук». Режим доступа. – http://www.ceme.gsras.ru/new/wf/.

3. Grasso J.R. Mechanics of Seismic Instabilities induced by the Recovery of Hydrocarbons // Pure Appl. Geophys. 1992. Т. 139. С. 507-534.

4. Сидоров В.А., Кузьмин Ю.А. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. М.: Наука, 1989. 183 с.

5. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. – М.: ИДГ РАН, 2015. 364 с.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ

Долгополова Анна Геннадьевна, Плуготаренко Нина Константиновна

Разработаны логико-вероятностная и компьютерная модели оценки экологической безопасности промышленного города. Проведена апробация предложенной модели в программном комплексе «АРБИТР».

Ключевые слова: экологический вызов, логико-вероятностный подход, риск, экологическая безопасность, безопасность города.

COMPUTER MODEL OF INTEGRATED ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF INDUSTRIAL CITIES

Dolgopolova Anna Gennadyevna, Plugotarenko Nina Konstantinovna

A logical-probabilistic and computer models for assessing the ecological safety of an industrial city have been developed. Approbation of the proposed model in the program complex "ARBITR" was carried out.

Keywords: environmental challenge, logical-and-probabilistic approach, risk, environmental safety, city safety.

Экологическая обстановка в промышленных городах зависит от ряда факторов, в том числе от особенностей рельефа, разнообразия природно-климатических условий, географического расположения, развития в промышленном секторе экономики, экологической грамотности администрации населенных пунктов и населения [1].

Экологическая безопасность определяется степенью защищенности от совокупности всевозможных рисков, как существующих, так и возможных. Таким образом, в данной работе уровень экологической безопасности промышленных городов определяем экологическим вызовом – возникновением угрозы от совокупности существующих и возможных

рисков воздействий на состояние таких подсистем как почвенный покров, водные объекты (поверхностные и подземные воды), воздушная среда, шумовое загрязнение, радиационная обстановка и состояние питьевой воды. Сегодня только комплексный анализ риска позволяет эффективно оценить уровень экологической безопасности, как отдельных объектов, так и регионов.

Целью настоящей работы является построение компьютерной модели комплексной оценки уровня экологической безопасности промышленного города с применением логико-вероятностного подхода.

Для достижения поставленной цели были сформированы следующие задачи:

– рассмотреть основные методы проведения комплексной оценки влияния негативных факторов на состояние окружающей среды промышленных городов и здоровье населения таких городов;

– проанализировать существующие методы комплексной оценки уровня экологической безопасности промышленных городов;

– разработать логико-вероятностную модель для оценки уровня экологической безопасности промышленного города;

– разработать компьютерную модель комплексной оценки экологической безопасности промышленных городов экологической безопасности с применением логико-вероятностного подхода.

Анализ литературных источников показал, что безопасность общества и окружающей среды определяется комплексным риском, который складывается из экологического, социально-экономического, техногенного и милитаристического рисков. Так, например, российские ученые:

– для комплексной оценки природной среды применяют такие методы исследования, как структурно-иерархическое пространственно-временное моделирование оценки риска эколого-экономического ущерба от воздействия на окружающую среду, а также системный и комплексный анализы антропогенного воздействия на экосистему [2];

– применяют теорию нечеткой логики для прогнозирования заболеваний, вызываемых экологическими и техногенными факторами риска [3];

– занимаются экологическим прогнозированием изменения качества атмосферы с учетом климатически обусловленных рисков. Развиваемая методика основана на совокупном использовании фактической информации и математических моделей [4];

– проводят исследования в области прогнозирования экологических рисков при работе промышленных предприятий России [5, 6];

– разрабатывают методы оценки прогнозирования и предупреждения развития чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера, в основе чего применяют регулярную оценку тенденции развитий настоящей ситуа-

ции, а также ресурсов, необходимых и для ее улучшения, стабилизации и снижения тяжести последствий ее развитий [7].

Кроме того, у зарубежных ученых также имеется удачный опыт:

– прогнозирования и оценки возможного экологического риска загрязнения почвы тяжелыми металлами вокруг свалки жирного угля [8];

– моделирования комплексной оценки риска загрязнения подводных вод [9];

– установлению вероятности побочных эффектов для здоровья человека и окружающей среды от конкретного химического, биологического и физического воздействия [10];

– разработки и расчета индекса качества окружающей среды – Шум-Воздух города. При помощи вычислительных имитационных моделей извлечения и распространения шума и дисперсии загрязнителей воздуха были созданы карты шума и концентраций выбросов [11];

– прогнозирования экологических рисков с использованием анализа иерархии и теории нечетких множеств [13].

В результате анализа применяемых методов для проведения комплексной оценки экологической обстановки промышленных городов выявлен дефицит способов количественной оценки её безопасности на основе концепции экологического риска. При решение подобных актуальных проблем успешно применяется логико-вероятностный подход в управлении риском в технических, социальных и экономических системах. Поэтому в данной работе применен логико-вероятностный метод, который позволяет производить оценку воздействия негативных, а также положительных факторов на состояние природной среды.

На состояние каждой из представленных ранее подсистем оказывают негативное влияние источники загрязнения и источники самоочищения, которые оказывают нейтрализующее воздействие. Источники загрязнения окружающей среды могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения. Кроме того, необходимо антропогенные источники загрязнения рассматривать как совокупность воздействия негативных факторов на каждую из исследуемых подсистем и мероприятий, проводимых для предотвращения и сокращения негативного воздействия.

К антропогенным источникам относятся транспорт (воздушный, наземный и водный), промышленность, сельское хозяйство и бытовые источники, к естественным – загрязнители растительного, минерального и микробиологического происхождения.

Применяя логико-вероятностный подход, воздействия всех негативных факторов на каждую исследуемую подсистему складываются (применяется логическая операция дизъюнкция – логическое «ИЛИ»). Аналогичным образом поступаем и с положительными факторами.

Стоит учитывать, что загрязнение и мероприятия по предотвращению и сокращению воздействий негативных факторов происходят одновременно, тем самым оказывают нейтрализующее воздействие друг на друга. Поэтому воздействие отрицательных и положительных факторов между собой умножаются (применяется логическая операция конъюнкция – логическое «И»).

Применяя такой подход, была разработана логико-вероятностная модель оценки воздействия различных факторов на состояние окружающей среды промышленного города. Общее количество элементов в разработанной модели составило 1355 единиц, из которых 885 обозначают отрицательные и положительные факторы воздействия на состояние представленных раннее подсистем. При этом, для осуществления количественной оценки уровня экологической безопасности промышленного города для каждого такого положительного и отрицательного фактора была составлена шкала оценок, в основе которых лежат лингвистические значения параметров риска (табл. 1) [13].

Таблица 1. Универсальная шкала базовых оценок параметров риска.

Лингвистическое значение параметров риска			Число
Мера возможности	Мера результата		
	Мера ущерба	Мера длительности	
Совершенно невозможно	Очень, очень низкий	Бесконечно долго	0,0
Практически невозможно	Очень низкий	Почти бесконечно долго	0,1
Допустимо, но маловероятно	Низкий	Исключительно медленно	0,2
Отдаленно возможно	Ниже среднего	Очень медленно	0,3
Необычно, но возможно	Средний	Медленно	0,4
Неопределенно возможно	Выше среднего	Неопределенно быстро	0,5
Практически возможно	Серьезный	Быстро	0,6
Вполне возможно	Очень серьезный	Очень быстро	0,7
Наиболее возможно	Высокий	Исключительно быстро	0,8
Достоверно возможно	Очень высокий	Почти мгновенно	0,9
Абсолютно достоверно	Очень, очень высокий	Практически мгновенно	1,0

Кроме того, была разработана компьютерная модель логико-вероятностной оценки уровня экологической безопасности промышленного города в программном комплексе «АРБИТР».

«АРБИТР» – программный комплекс автоматизированного расчета безопасности и технического риска. В настоящее время программный комплекс «АРБИТР» позволяет автоматически строить математические моде-

ли и рассчитывать показатели свойств надежности, стойкости, живучести, устойчивости, технического риска, ожидаемого ущерба и эффективности, а также решать задачи оптимизации надежности. Кроме того, данная программа успешно применяется для вероятностного анализа безопасности атомных электростанций.

Разработанная методика имеет большой объем данных, что не позволяет единовременно провести полный расчет, поэтому логико-вероятностную модель была разбита на фрагменты, некоторые из которых представлены на рис. 1, 2.

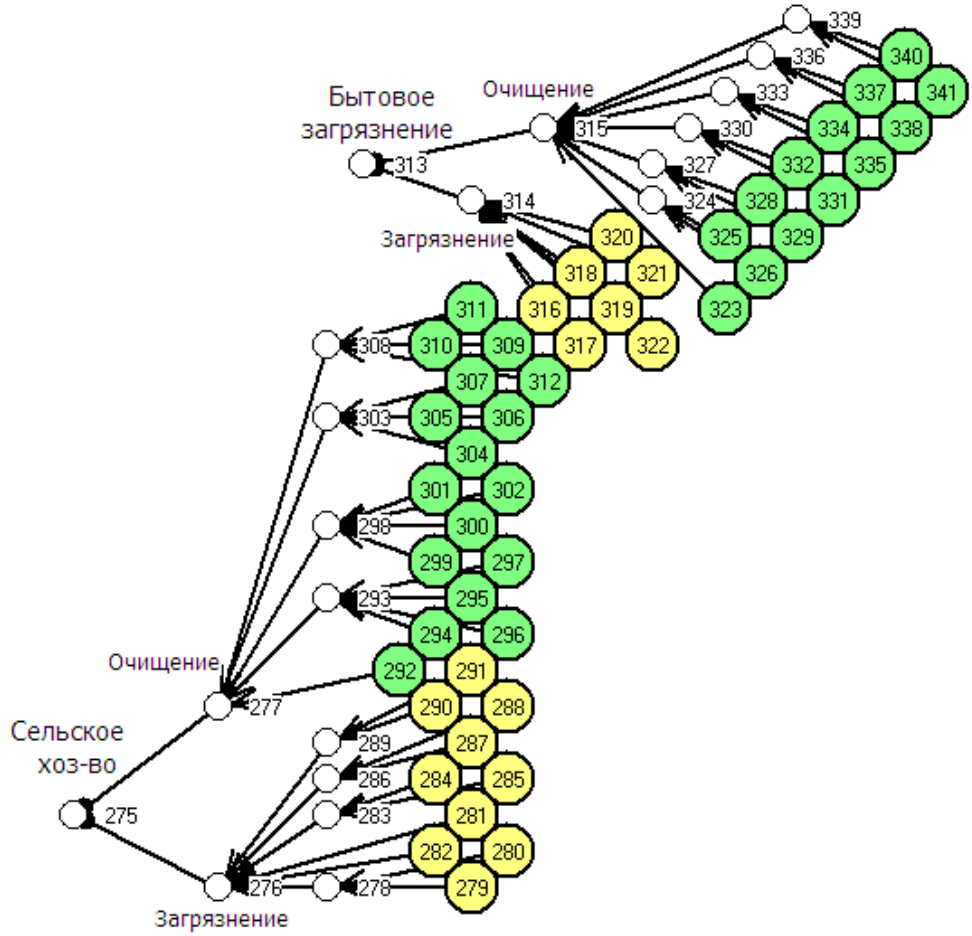


Рис. 1. Бытовые и сельскохозяйственные источники воздействия на состояние атмосферного воздуха

В компьютерной модели жёлтыми вершинами представлены факторы, оказывающие негативное воздействие на состояние окружающей среды, а зелёными – мероприятия по предотвращению и сокращению негативного воздействия на состояние природной среды.

Кроме того, разработанная компьютерная модель была апробирована в программном комплексе «АРБИТР» путем проведения оценки состояния

атмосферного воздуха на примере г. Таганрога. По результатам расчета получено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят эксплуатация автомобильного транспорта, производство черной металлургии, бытовые источники загрязнения, а также эксплуатация морского и воздушного транспорта. Вот почему значение вероятности комплексного воздействия на состояние атмосферного воздуха составило $P_1 = 0.91600$, что является довольно правдоподным.

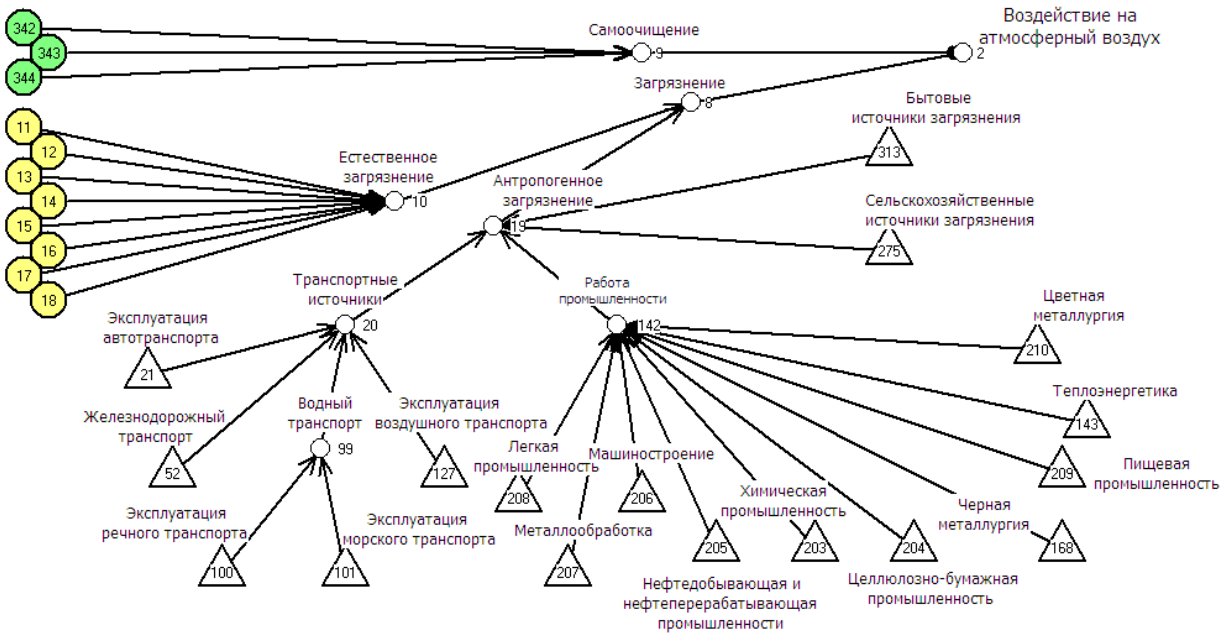


Рис. 2. Факторы воздействия на состояния атмосферного воздуха

Для снижения уровня воздействия негативных факторов на состояние атмосферного воздуха предложено проведение некоторых мероприятий по охране атмосферного воздуха, с учетом которых были внесены коррективы в значения соответствующих мер возможности, а затем и произведен перерасчет значения вероятности комплексного воздействия на состояние атмосферного воздуха P_2. После ввода их уменьшенных значений в ПК «АРБИТР» было получено новое значение риска, которое оказалось равным $P_2 = 0.91584$. Не слишком заметное уменьшение этой вероятности вполне объяснимо: реально действующих факторов очень много, и воздействия лишь на некоторые из них не гарантирует резкого снижения этого риска. При этом также было выявлено перераспределение вкладов учтенных в модели факторов.

Таким образом, можно утверждать не только о результативности предложенных мер, но и о перераспределении вкладов соответствующих предпосылок и иных факторов. Тогда как более существенное уменьшение значений вероятностей комбинированных вершин, обозначающих факторы

негативного воздействия на состояние атмосферного воздуха, может потребовать дополнительного комплекса, что и предполагается осуществить в последующем. При этом, как и ранее, новые предложения должны будут касаться тех факторов-предпосылок, которые оказывают наиболее существенный отрицательный вклад, например, эксплуатация автомобильного транспорта, автозаправочные станции, выбросы выхлопных газов.

Практическая реализация разработанной логико-вероятностной модели позволит оценивать не только существующий уровень экологической безопасности, но и проводить расчеты эффективности проводимых природоохранных мероприятий для снижения экологической опасности, а также сформировать прогноз развития исследуемых промышленных городов.

Литература

1. Плуготаренко Н.К., Долгополова А.Г. Методика комплексной оценки экологической безопасности города с применением логико-вероятностного подхода // Безопасность в техносфере. – Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2017. – № 4. – С. 75-82.

2. Мусихина Е.А. Оценка экологического риска территории Иркутской области // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 2. – С. 26-30.

3. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Чурсин Г.В., Коптева Н.А., Афанасьев В.И. Прогнозирование заболеваний, вызываемых экологическими факторами риска, характерными для Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 3. – С. 60-65.

4. Пененко В.В., Цветова Е.А. Экологическое прогнозирование с учетом климатически обусловленных рисков // Вычислительные технологии. – 2006. – Т. 11., Ч. 2. – С. 134-144.

5. Кравцова М.В. Оценка техногенного риска технически сложных производственных объектов машиностроения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1-3. – С. 877-884.

6. Кравцова М.В., Евсеев А.И. Повышение эксплуатационной устойчивости сложных технических систем // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 67-70.

7. Соколов Э.М., Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н., Телегина Н.А. Разработка методов оценки, прогнозирования и предупреждения развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – Вып. 4, Ч. 2. – С. 259-265.

8. Jiang X., Lu W.X., Zhao H.Q., Yang Q.C., Yang Z.P. Potential ecological risk assessment and prediction of soil heavy-metal pollution around coal gangue dump // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. – 2014. – P. 599-1610.

9. Jianbing Li, Gordon H. Huangb, Guangming Zengc, Imran Maqsoodd, Yuefei Huange An integrated fuzzy-stochastic modeling approach for risk assessment of groundwater contamination // Journal of Environmental Management. – 2007. – № 82. – P. 173-188.

10. Bridges, J. Human health and environmental risk assessment: the need for a more harmonised and integrated approach / Jim Bridges // Chemosphere. – 2003. – №52. – P. 1347-1351.

11. Lígia T. Silva, José F.G. Mendes City Noise-Air: An environmental quality index for cities // Sustainable Cities and Society. – 2012. – № 4. – P. 1-11.

12. Риахи Р., Безносик Ю.А., Бугаева Л.Н., Статюха Г.А. Прогнозирование экологических рисков с использованием анализа иерархий и теории нечетких множеств // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – №5. – С. 114-118.

13. Долгополова А.Г., Плуготаренко Н.К. Логико-вероятностная оценка уровня экологической безопасности промышленных городов // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – Вып. 4 (74). – 11 с. http://academygps.ru/1312/.

НАГРУЖЕННОСТЬ ЛОКОМОТИВА ПАССАЖИРСКОГО ПОЕЗДА ПРИ АВАРИЙНЫХ СОУДАРЕНИЯХ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ

Шорохов Сергей Геннадьевич, Антипин Дмитрий Яковлевич

Проведено имитационное моделирование аварийных соударений пассажирского поезда с препятствиями. По результатам исследований выполнена оценка динамической нагруженности кузова отечественного локомотива при воздействии аварийных нагрузок.

Ключевые слова: Динамическая нагруженность, локомотив, аварийное соударение, препятствие.

LOADING OF THE LOCOMOTIVE OF A PASSENGER TRAIN DURING EMERGENCY COLLISIONS WITH OBSTACLES

Shorokhov Sergey Gennadyevich, Antipin Dmitry Yakovlevich

Conducted simulation modeling of emergency passenger train collision with obstacles. According to studies the estimation of dynamic loads of the body of the domestic locomotive when exposed to emergency loads.

Keywords: Dynamic loading, locomotive, emergency collision, an obstacle.

Статистика аварийности на магистральных путях железных дорог России показывает, что наиболее вероятными случаями аварийных столкновений являются соударения поездов с препятствиями в виде автомобилей на железнодорожном переезде, проезжающих его на запрещающее показание светофора или остановившихся вследствие неисправности, а также вагонов, оказавшихся на пути следования поезда. Такие ситуации возможны при «уходе» подвижного состава со станции и его неконтролируемом движении по перегону, что происходит при недостаточном закреплении подвижного состава на станционных путях или нарушении технологии закрепления. Кроме того, большое количество нерегулируемых железнодорожных переездов, не оснащенных заградительными устройствами безопасности, не позволяющими автомобильным средствам пересекать пути

перед приближающимся поездом, повышает вероятность столкновения автомобилей с грузовыми и пассажирскими поездами. [1]

В зависимости от условий и характера развития аварийной ситуации железнодорожный подвижной состав может получать различные повреждения – от незначительных пластических деформаций, не влияющих на общую несущую способность, до полного разрушения. Проведенные исследования [1-7] показывают, что наибольшие динамические усилия воздействуют на локомотив как на тяговую единицу, воспринимающую наибольшую часть кинетической энергии соударения.

С целью повышения безопасности поездной бригады и пассажиров при аварийных соударениях поездов с препятствиями по инициативе ОАО «Российские железных дороги» введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32410-2013 [8], определяющий требования по пассивной безопасности отечественного пассажирского железнодорожного подвижного состава. В стандарте разработаны наиболее вероятные сценарии развития аварийной ситуации при соударении подвижного состава с конструкционной скоростью не более 160 км/ч:

- сценарий 1 – аварийное столкновение на железнодорожном переезде с автомобилем (или другой машиной) массой 10 т со скоростью 72 км/ч (рис. 1);

- сценарий 2 – аварийное столкновение с грузовым вагоном массой 80 т со скоростью 36 км/ч (рис. 2).

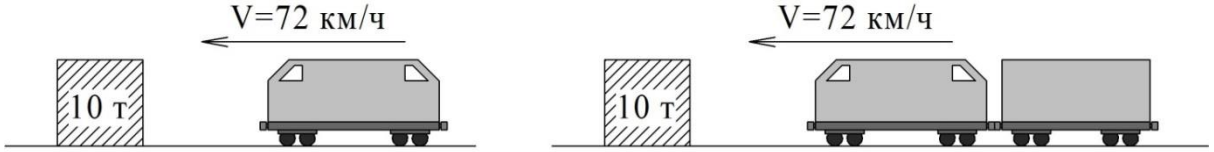


Рис. 1. Схема аварийного столкновения по сценарию 1



Рис. 2. Схема аварийного столкновения по сценарию 2

В сценарии столкновения локомотив участвует как самостоятельная единица подвижного состава, а также в эталонном составе поезда из сцепленных локомотива и одного жесткого вагона массой 80 т с установленным автосцепным устройством по ГОСТ 3475, контуром зацепления по ГОСТ 21447, поглощающим аппаратом класса Т1 энергоёмкостью 70 кДж

[1] Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2881.2018.8

при полном ударном сжатии 120 мм. Термин «жесткий вагон» обозначает расчетную модель вагона, рассматриваемую как абсолютно твердое тело, деформациями которого при расчетном анализе процессов аварийного столкновения пренебрегают [8].

Определение динамических усилий, воздействующих на локомотив при аварийных соударениях с препятствиями, проводится методами имитационного моделирования в твердотельной постановке средствами программного комплекса «Универсальный механизм». Для решения поставленной задачи сформированы компьютерные модели соударения в соответствии с условиями расчетных сценариев [8].

В компьютерных моделях соударения железнодорожный подвижной состав и препятствие представлены совокупностью систем твердых тел, объединенных и взаимодействующих друг с другом при помощи силовых элементов и шарниров. Расчетные схемы препятствий моделируются твердыми телами, обладающие одной поступательной степенью свободы в направлении оси движения поезда.

Анализ нагрузок, воспринимаемых единицами поезда при его столкновении с препятствием, проводился путем имитационного моделирования расчетных сценариев столкновения. Однако в требованиях [8] рассматривается только одна скорость соударения поезда с каждым из препятствий. В действительности эта скорость является случайной величиной и может отличаться от расчетной. В связи с этим при расчетах рассматривались столкновения поезда с автомобилем в диапазоне скоростей от 10 км/ч до 72 км/ч и соударения поезда с грузовым вагоном в диапазоне скоростей от 10 км/ч до 36 км/ч.

По результатам моделирования получены графики распределения сжимающих усилий, воспринимаемых локомотивом (рис. 3), а также локомотивом и грузовым вагоном (рис. 4), при их столкновении с препятствием массой 10 т с различными скоростями.

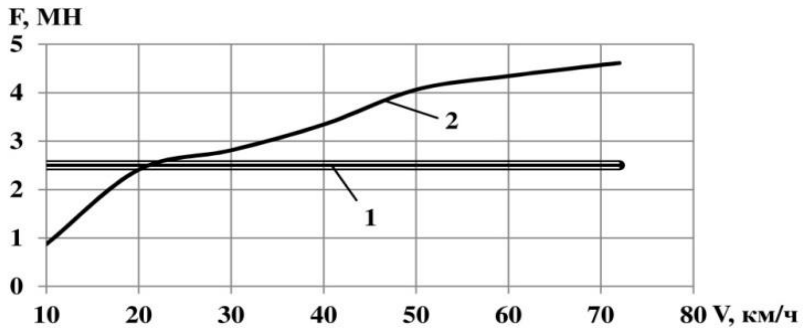


Рис. 3. Зависимость максимальных сжимающих усилий, воздействующих на локомотив при его столкновении с автомобилем: 1 – предельное значение силы; 2 – сила, воздействующая на локомотив

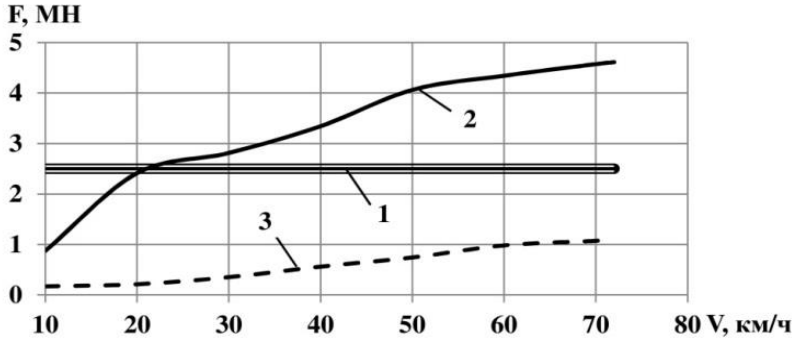


Рис. 4. Зависимость максимальных сжимающих усилий, воздействующих на локомотив и грузовой вагон при столкновении поезда с автомобилем: 1 – предельное значение силы; 2 – сила, воздействующая на локомотив; 3 – сила, воздействующая на грузовой вагон

Анализ полученных данных показывает, что при столкновении локомотива (как одиночного, так и в составе эталонного поезда) с препятствием массой 10 т со скоростью 20 км/ч в несущей конструкции локомотива могут появляться пластические деформации, что объясняется превышением действующего значения нагрузки предельного нормированного значение 2,5 МН, регламентированного «Нормами…» [9]. При этом на грузовой вагон воздействуют безопасные нагрузки, поскольку их максимальное значение при расчетной скорости соударения 72 км/ч не превышают нормированного значения, что свидетельствует об отсутствии разрушения вагона.

Аналогичные результаты получены при моделировании соударения поезда с препятствием в виде грузового вагона массой 80 т и представлены в виде графиков распределения сжимающих усилий, воздействующих на локомотив (рис. 5), а также на локомотив и грузовой вагон (рис. 6).

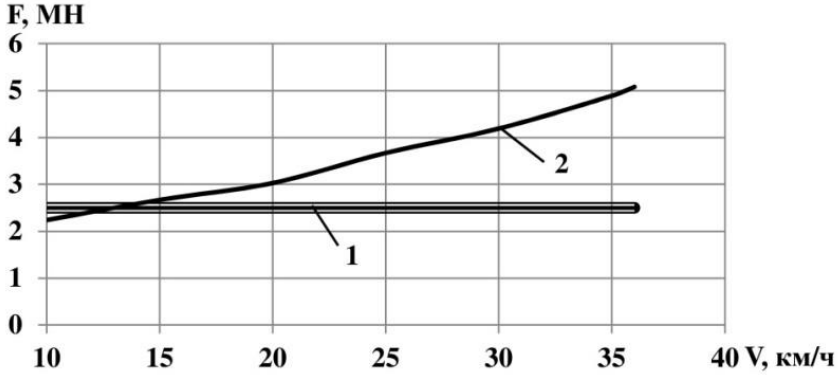


Рис. 5. Зависимость максимальных сжимающих усилий, воздействующих на локомотив при его столкновении с грузовым вагоном: 1 – предельное значение силы; 2 – сила, воздействующая на локомотив

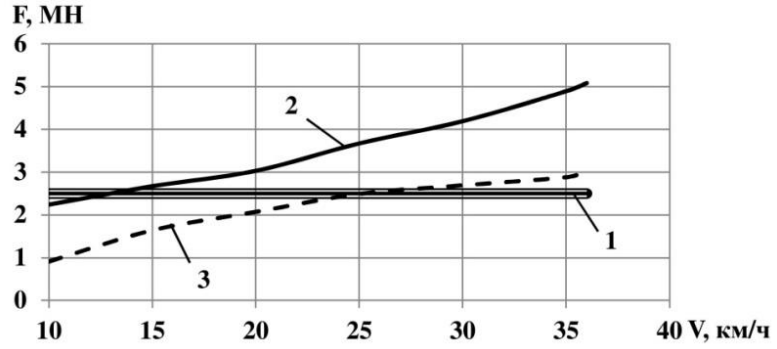


Рис. 6. Зависимость максимальных сжимающих усилий, воздействующих на локомотив и грузовой вагон при столкновении поезда с вагоном:
1 – предельное значение силы; 2 – сила, воздействующая на локомотив;
3 – сила, воздействующая на грузовой вагон (в составе поезда)

Из графиков видно, что при столкновении с препятствием, по массе сопоставимым с загруженным грузовыми вагоном, пластические деформации в несущей конструкции локомотива могут возникнуть уже при скорости соударения 15 км/ч. При этом превышение сжимающим усилием, воздействующим на грузовой вагон в составе поезда, нормированного значения наблюдается при скорости соударения 30 км/ч. При скоростях соударения, близких к расчетным, возможно значительное разрушение локомотива.

Полученные результаты моделирования аварийных соударений позволяют сделать вывод о высокой вероятности появления пластических деформаций несущих конструкций отечественных локомотивов и тяжелого травмирования локомотивной бригады, что свидетельствует о необходимости снижения динамической нагруженности тягового подвижного состава при аварийных соударениях путем его оснащения системами пассивной безопасности, состоящими из устройств поглощения энергии соударения.

Литература

1. Кобищанов, В.В. Оценка динамической нагруженности отечественных пассажирских вагонов при аварийных соударениях поездов с препятствиями/ В.В. Кобищанов, Д.Я. Антипин, С.Г. Шорохов// Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции с международным участием в трех частях. Часть 2. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2015. – С. 50-56.

2. Шорохов, С.Г. Анализ динамических усилий в межвагонных соединениях при аварийном соударении пассажирского поезда с препятствием/ С.Г. Шорохов, Д.Я. Антипин/ Инновационный транспорт-2016: специализация железных дорог: м-лы Международ. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УрГУПС, 2017. – Вып. 8 (227). – С. 702-708.

3. Шорохов, С.Г. Применение компьютерного моделирования для анализа аварийных соударений железнодорожного подвижного состава/ С.Г. Шорохов// Моделирование природных и техногенных чрезвычайных ситуаций и рисков их

возникновения: синтез достижений технических и социальных наук: сборник материалов научно-практической конференции. – Архангельск: КИРА, 2016. – С. 118-122.

4. Шорохов, С.Г. Обоснование компьютерной модели соударения пассажирского поезда с препятствием/ С.Г. Шорохов, Н.А. Редя// Приоритетные направления развития науки, техники и технологий: сборник материалов Международной научно-практической конференции, том II. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. – С. 321-324.

5. Шорохов, С.Г. Применение компьютерного моделирования для оценки динамической нагруженности пассажирских вагонов при соударениях/ С.Г. Шорохов, Д.Я. Антипин// Компьютерное моделирование в железнодорожном транспорте: динамика, прочность, износ: III научно-технический семинар. – Брянск: БГТУ, 2016. – С. 93-96.

6. Антипин, Д.Я. Применение моделей антропометрических манекенов для оценки безопасности пассажирского подвижного состава/ Д.Я. Антипин, В.В. Кобищанов, С.Г. Шорохов// Наука и образование транспорту. – 2015. – № 1. – С. 6-9.

7. Шорохов, С.Г. Обоснование расчетных схем соударения пассажирских поездов с препятствиями/ С.Г. Шорохов// Будущее машиностроения России: сб. тр. Седьмой Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 361-363.

8. ГОСТ 32410-2013. Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля.

9. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм. (несамоходных). – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА ПОЖАРНЫХ ДЕПО ДЛЯ КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ МОНГОЛИИ

Байгалмаа Энхтувшин

Одним из способов снижения риска пожаров в Монголии является определение числа пожарных депо и максимально допустимого расстояния от пожарной части до места предполагаемого пожара.

Ключевые слова: крупные города Монголии, места дислокации ППС, пожарное депо.

THE SUBSTANTIATION OF THE NECESSARY NUMBER OF FIRE DEPOSITS FOR THE LARGEST CITIES OF MONGOLIA

Baygalmaa Enkhtuvshin

One way to reduce the risk of fires in Mongolia is to determine the number of fire stations and the maximum permissible distance from the fire department to the site of the alleged fire.

Keywords: large cities of Mongolia, places of deployment of PPS, fire station.

Введение

Для обоснования числа пунктов дислокации пожарных служб в условиях крупных городов Монголии, был изучен советский и российский опыт работы в этой сфере. Проанализорованы некоторые нормативные документы, научные исследования российских специалистов.

Так, в исследованиях Брущельского Н.Н., Соколова С., [1] главное внимание уделяют успешной ликвидации очага возгорания любой категории. При этом самым важным элементом считают обеспечение безопаности людей, оказавшихся в зоне огня. Условия ликвидации пожара и спасения людей зависят от слаженных действий пожарных отрятов. Не менее значимым является и радиус обслуживания одного пожарного депо.

Изучив современное состояние и систему пожарной безопасности в городах Улан-Баторе, Дархане и Эрдэнэте, констатировал, что существующая инфраструктура пожарной безопасности не соответствует современным требованиям.

При рассчетах необходимого количества пожарных депо в населенном пункте логичным будет использовать форму правильного шестиугольника, площадь которого равна [1]:

$$S_{обс} = \frac{3\sqrt{3}}{2} R_0^2 \approx 2{,}6\ R_0^2, \qquad (1.1)$$

Тогда из (1,2) следует, что:

$$S_{обс} = \frac{S_{общ}}{N_{подр} - N_{ср.\ зан.\ подр}} \frac{3\sqrt{3}}{2} R_0^2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} * \frac{l^2}{c} = 2{,}6\ \frac{l^2}{k^2} \qquad (1.2)$$

Где $S_{общ}$ – площадь территории города, км^2; $N_{подр}$ – предполагая известным число пунктов дислокации пожарных частей; $N_{ср.\ зан.\ подр}$ – среднее число одновременно занятых в городе в любой момент времени подразделений противопожарной службы; R_0 – радиус обслуживания пункта дислокации, км; l – максимально допустимое расстояние по дорогам от места размещения пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км; к – безразмерный коэффициент извилистости уличной сети дорог;

Площадь населённого пункта S , для которого необходимо подготовить расчёт количество пожарных депо, известна. Знаем и допустимую полщадь одного пожарного депо. Это позволит рассчитать примерное количество пожарных депо – N – для крупных городов Монголии по формуле:

$$N = \frac{S}{S_{обс}} = \frac{S*k^2}{2,6*l^2} \quad (1.3)$$

где S – общая площадь населённого пункта, км; $S_{обс}$ – площадь обслуживания одной пожарной части, км; l – максимально допустимое расстояние по дорогам от места размещения пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км; к – безразмерный коэффициент извилистости уличной сети дорог;

Необходимо также учитывать и не защищённые территории, где отсутствуют пожарные подразделения. Эти расчеты готовим по формуле:

$$S_о = \frac{S_{общ}}{N_{подр} - N_{ср.\ зан.\ подр}} = 2,6R_о^2 \quad (1.4)$$

где, $N_{подр}-$

Необходимо знать и радиус действия пожарного депо городских условиях. Параметр этого показателя рассчитываем по формуле:

$$R_{обс} = 0,6\sqrt{\frac{S_{общ}}{N_{подр} - \lambda\tau_{ср.\ зан}}}, \quad (1.5)$$

где λ – среднее число вызовов, поступивших (дежурных караулов) в единицу времени; $\tau_{ср.\ зан}$ – средняя продолжительность одного вызова; $S_{общ}$ – площадь территории города, км^2; $N_{подр}$ – предполагое число пунктов дислокации пожарных частей;

При этом число одновременных вызовов имеет большое значение для определения необходимой численности личного состава, пожарной и аварийно-спасательной техники и числа дисклокации подразделений противопожарной службы [1, 2].

А другой российский учёный Брушлинский Н.Н. предположил, что поток вызовов, поступающий к диспетчеру ОПП, является стационарным пуассоновским и описал формулой [1.6]:

$$p_к(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^к}{к!} e^{-\lambda\tau} = \left(\frac{\alpha^к}{к!}\right) e^{-\alpha} \quad (к=0,1,2,...), \quad (1.6)$$

Тогда из (1,2) следует, что:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda\tau_{ср} \quad (1.7)$$

где, $p_к(\tau)$ – вероятность того, что за время τ в ОПП поступит ровно K вызовов, а λ – среднее число вызовов в единицу времени (плотность потока вызовов),

Для классификации пожарных частей в городских условиях, Брушлинский Н.Н. предложил два типа математической модели, учитывая, что в большинстве своём городские транспортные сети не прямолинейные. Он предложил формулу для расчёта радиуса действия пожарной частей, исходя из этих критериев:

$$R_{\text{обс}} = \frac{\vartheta_{\text{ср. сл}} * \tau_{\text{ср. сл}}}{K_{\text{н}}}, \quad (1.8)$$

где $\vartheta_{\text{ср. сл}}$– среднее скорость движения ПА по городу, км/ч; $\tau_{\text{ср. сл}}$ – среднее время прибытия ПА к месту вызова, ч; $K_{\text{н}}$ – коэффициент непрямолинейности уличной сети $K_{\text{н}}$ (безразмерный) меняющийся в каждом городе от 1 до $\sqrt{2} \approx 1{,}4$;

среднее время прибытия ПА к месту вызова дараах томъёогоор тодорхойлно:

$$\tau_{\text{ср. сл}} = \frac{0{,}6\ K_{\text{н}}}{\vartheta_{\text{ср. сл}}} \sqrt{\frac{S_{\text{общ}}}{N_{\text{подр}} - \lambda \tau_{\text{ср. зан}}}}, \quad (1.9)$$

Определения числа пунктов дислокации в городе подразделений ППС:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0{,}36 * k_{\text{н}}^2 * S_{\text{общ}}}{\vartheta_{\text{ср. сл}}^2 * \tau_{\text{ср. сл}}^2} + \lambda \tau_{\text{ср. зан}}, \quad (1.10)$$

По формуле, приведенной ниже, рассчитываем тип пожарной частеи, учитываем, что пожарная часть дислоцируется в этой же зоне. А также берём во внимание особенности территории данного района.

$$N_{\text{пд}} = \frac{\alpha * k_{\text{н}}^2 * S_{\text{общ}}}{\vartheta_{\text{ср. сл}}^2 * \tau_{\text{ср. сл}}^2} + \beta \lambda \tau_{\text{ср. зан}}, \quad (1.11)$$

где α и β – безразмерные эмпирические коэффициенты, учитывающие специфику конкретного города. Их значения обычно уточняются с помощью имитационной модели. Чаще всего значения α лежат в интервале

от 0,3 до 0,5, а β – в интервале от 1 до 1,5. На практике можно брать усредненные значения $\alpha = 0{,}4$ и $\beta = 1{,}3$

Необходимо отметить, что показатель $\beta\lambda\tau_{\text{ср. зан}}$ принимается в расчетах для крупных городов. А для малых городов этот параметр не применяется, так как коэффициент числа выездов в час меньше единицы. В этом случае расчет делаем по следующей формуле:

$$N_{\text{пд}} = \frac{\alpha * k_{\text{н}}^2 * S_{\text{общ}}}{\vartheta_{\text{ср. сл}}^2 * \tau_{\text{ср. сл}}^2}, \quad (1.12)$$

Рассчитывают значения максимально допустимого расстояния от объекта предполагаемого пожара до ближайшего здания пожарного части l_1-l_3 для каждой из рассматриваемых целей и соответствующих схем развития пожара по формуле [3,4]:

В случаях горения твердых веществ и материалов на площади в виде полосы с постоянной шириной:

$$l_1 \le \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60}(\text{T}_4 - \text{T}_1) = \frac{30}{60}(12 - 7) = 2{,}5 \text{ км},$$

$$\text{T}_1 = \tau_{\text{об}} + \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{бр}} = 7 \text{ мин},$$

$$\text{T}_4 = \frac{Q_{\text{ст}}}{J_{\text{тр}} m n \vartheta_{\text{л}}} = \frac{14}{0{,}2*2*2*0{,}025} = 700 \text{ с} \approx 12 \text{ мин},$$

В формулах (6)-(9) параметр $S_{\text{пож}}$ определяют из выражения:

$$S_{\text{пож}} = mn\vartheta_{\text{л}}\left(\text{T}_1 + \frac{60 l_1}{\vartheta_{\text{сл}}}\right) = 2 * 2 * 0{,}013\left(7 + \frac{60 * 2{,}5}{0{,}5}\right) = 16 \text{ м}^2;$$

$$l_2 \le \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60\text{A}}[\tau_{\text{по}} - (\text{T}_0 + \text{T}_1\text{A})] = \frac{30}{60*1}[15 - (0{,}83 + 7 * 1)] = 3{,}6 \text{ км, при}$$

$$\frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пол}} = m * \vartheta_{\text{л}} * \text{T}_1} =< 1,$$

$$\text{T}_0 = \frac{5}{60 J_{\text{тр}}} = \frac{5}{60 * 0{,}10} = 0{,}83$$

$$\text{A} = 1 + \frac{0{,}5 m n \vartheta_{\text{л}}}{60\ J_{\text{тр}}} = 1 + \frac{0{,}5*2*2*0{,}013}{60*0{,}10} = 1,$$

$$l_3 \le \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60\ \text{A}}[\tau_{\text{нб}} - (\text{T}_0 + \text{T}_1\text{A})] = l_{\min\ (\text{доп})} = 1{,}4 \text{ км, при } \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пол}}} < 1,$$

Моделирование и определение численности и мест дислокации подразделений пожарной охраны в крупных городах Монголии

Теперь проверим приемлемость формулы в условиях крупных городов Монголии: Улан-Батор, Дархан и Эрдэнэт. Параметры этих городов приведены в таблице.

Таблица 1. Параметры городской среды для определения необходимого числа ППС.

п/п	К параметрам городской среды	Обозначение	Улан-Батор	Дархан	Эрдэнэт
1	Численность насления	Q, тыс. чел.	1,380	101	92,7
2	Площадь города	$S_{\text{общ}}$, км^2	4704	103	208
3	Площадь застройки города	$S_{\text{застр}}$, км^2	2116	84	114
4	Коэффициент непрямолинейности уличной сети	$К_{н}$	1,4	1,2	1,1
5	Средняя скорость автомобилей ППС	$\vartheta_{\text{ср.след}}$, км/мин	0,5 км/мин	0,83	0,83
Параметры, характеризующие оперативную обстановку в городе					
6	Среднее число вызовов одного подразделения	λ, (выз./ч)	0,2	0,02	0,01
7	Среднее время занятости подразделений при обслуживании одного вызова	$\tau_{\text{ср зан}}$, (час)	2	1	0,8
8	Среднее время следования первого подразделения ППС к месту вызова	$\tau_{\text{ср. сл}}$, (мин)	12,5	8	8
9	Выезд пожарных подразделений, в среднем за год	α	2008	173	104

Вычислим число пожарных депо, требуемых в городе Улан-Батор:

$$N_{\text{пд}} = \frac{0{,}4 * k_{\text{н}}^2 * S_{\text{общ}}}{\vartheta_{\text{ср. сл}}^2 * \tau_{\text{ср. сл}}^2} = \frac{0{,}4 * 1{,}96 * 2116}{0{,}25 * 156{,}25} = 42 \text{ депо} \qquad (1.12)$$

Расчеты по той же формуле (8) дают следующие результаты:
Для города Дархана: $N_{\text{пд}} = 3$ депо
Для города Эрдэнэта: $N_{\text{пд}} = 4$ депо
Вычислим радиуса обслуживания одного ПД для города Улан-Батора:

$$R_{\text{обс}} = 0{,}6\sqrt{\frac{S_{\text{общ}}}{N_{\text{подр}} - \lambda\tau_{\text{ср. зан}}}} = 0{,}6\sqrt{\frac{4704}{14 - 0{,}2 * 2}} = 11 \text{ км} \qquad (1.5)$$

Для города Дархана: $R_{\text{обс}} = 4{,}3$ км

Для города Эрдэнэта: $R_{\text{обс}} = 5$ км

Подставляя эти данные в (8), получим, что в настоящее время в г. Улан-Баторе желательно иметь N = 42 (количество пожарных депо в городе Улан-Баторе сейчас равна 14), в Дархане - N = 3 (сейчас - 2), в Эрдэнэте - N = 4 (сейчас - 3).

На основе сделанных рассчетов и исследований резюмируем , что на ближайшие 10 лет в городах: Улан-Баторе, Дархане и Эрдэнэте целесообразно запланировать строительство 29-ти пожарных депо для экстренного реагирования подразделений пожарной охраны на вызовы, возникающие в разных точках городов. Предлагаю строить компактные депо, на 2-3 пожарных автомобиля. Эти данные рекомендую внести в новую редакцию Генерального плана развития Улан-Батора. Отметим, что руководство столицы Монголии намерено возводить город-спутник, строительство которого планируют начать 2019 году.

Литература

1. Брушлинский, Н.Н. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе: Учебник / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. – М.: Академия МЧС России, 2011. –173 с.

2. Теребнев В.В. Расчет параметров развития и тушения пожаров (Методика. Примеры. Задания) – Екатеринбург: ООО Издательство «Клапан», 2011. –460 с.

3. СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения». - М.: ВНИИПО, 2009. - 14 с.

4. Порошин А.А. Методология проектирования гарнизонов пожарной охраны: авто- реф. дис. д-ра техн. наук, 2009. 50 с.

АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ В МОНГОЛИИ ЗА ПЕРИОД 2000 – 2016 ГОДОВ

Байгалмаа Энхтувшин

Объектом исследования являются чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами в Монголия. В результате исследований представлен анализ пожарной обстановки в стране. Представлена динамика пожарных рисков в Монголии посредством анализа статистических данных последствий пожаров. На основании исследований и расчетов доказано, что на сегодняшний день уровень пожарной безопасности в стране орентирует внимание специалистов к современным требованиям безопасности.

Ключевые слова: пожарные риски, пожарная безопасность, последствия пожаров.

ANALYSIS OF FIRE RISK IN MONGOLIA

IN THE PERIOD 2000 - 2016

Baygalmaa Enkhtuvshin

The subject of the study are emergency situations related to fires in Mongolia. As a result of the research, an analysis of the fire situation in the country is presented. The dy-namics of fire risks in Mongolia is analyzed through the analysis of statistical data on the consequences of fires. On the basis of research and calculations it is proved that today the level of fire safety in the country will focus specialists' attention to modern security re-quirements.

Keywords: fire risks, fire safety, consequences of fires.

Введение

Теория риска для оценки и анализа многих аспектов безопасности сложных систем (технических, социальных, экономических, экологических), а также в области обеспечения безопасности населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в течение последних десятилетий интенсивно развивается. До второй половины XX века риски рассматривались в основном только в области экономической теории: проблемы страхования, инвестирования капитала, анализа валютных операций, стратегии развития бизнеса и т.д. В Монголии исследование проблем риска получило интенсивное развитие в начале 2010 года. Были разработаны законодательства и нормативно-методические документы в области промышленной, радиационной и экологической безопасности, широко использующие идеи анализа и управления риском.

Основные направления политики и способы ее реализации в Республике Монголия на ближайшие 15 лет определены в следующих нормативно-правовых актах:

постановление Правительства Монголия «Закон о пожарной безопасности», 2015 год (внедрены пожарные риски);

постановление № 22 «Об утверждении государственной политики по защите от стихийных бедствий»;

резолюция № 22 Национальной программы по борьбе со стихийными бедствиями, 2011 год;

Анализ пожарной обстановки в Монголии за период 2000-2016 годов

За последнее десятилетие в Монголии произошло более 3000 опасных и технических аварий. Пожары составили 83% от общего количества, пострадали более 600 человек и нанесен экономический ущерб

в размере 9 миллиардов тугриков. Технологические аварии составили 17%, в среднем ежегодное количество пострадавших около 60 человек, из них, по меньшей мере, 30 человек теряют способность работать или погибают, экономический ущерб оценивается в размере 4 миллиарда тугриков ежегодно [1-3].

Согласно статистическим исследованиям, количество пожаров ежегодно увеличивается примерно на 250 единиц, что составляет 17 процентов, пропорционально увеличивается количество погибших при пожарах. Исходя из этого, экономический ущерб будет составлять более 10 миллиардов тугриков ежегодно.

Анализ статистики произошедших пожаров показал, что в Монголии за последний 12 лет (2005-2016 гг.) произошло более 37 тыс производственных и бытовых пожаров, при которых погибло около 726 человек [1-3], более 50 % пожаров происходит в Улан-Баторе (рис. 1).

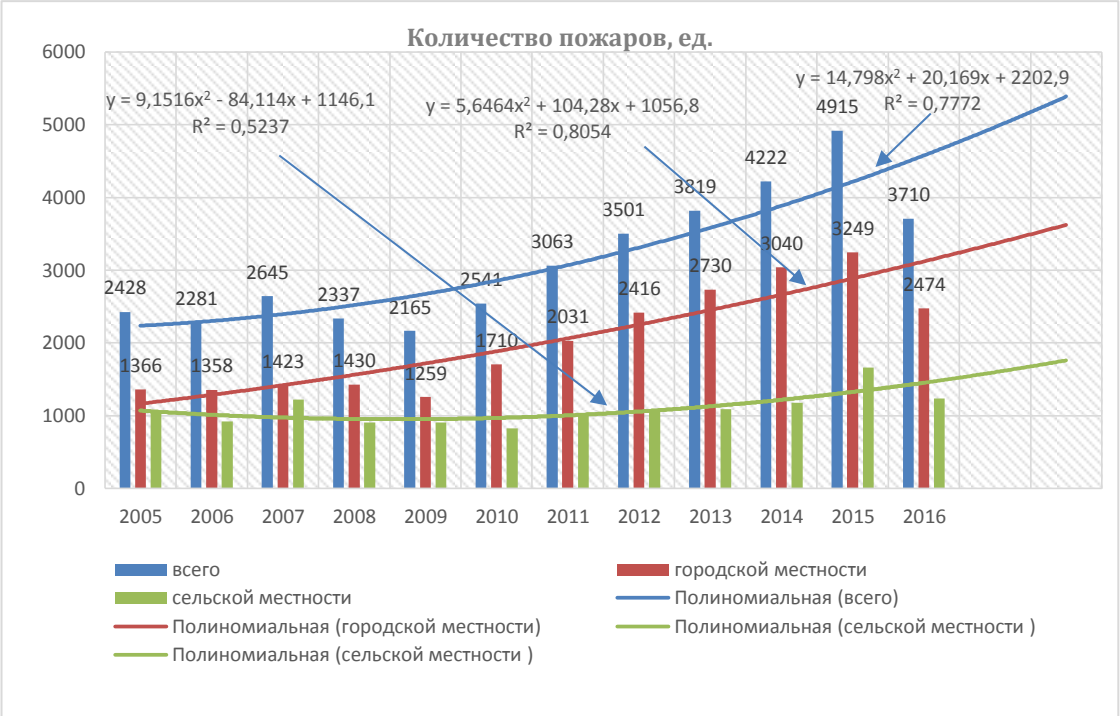


Рис. 1. Динамика общего числа пожаров, произошедших в город Улан-Батор и сельской местности в Монголии в 2005-2016 гг.

Темпы прироста числа погибших меют положитетельную динамику, с 2000 г. число погибших при пожарах людей выросло почти в 2 раза (рис. 2).



Рис. 2. Динамика гибели людей при пожарах за период с 2005 по 2016 годы

На рисунке 3 показаны показатели смертности от пожаров на миллион населения для 24 промышленно развитых стран. Как показывает этот рисунок, в период с 2010 по 2014 годы Монголия имела 5-е место по показателю смертности из 22 изученных стран, при 1,9 смертельных исходах на миллион населения [4].

Уровень смертности от пожаров в Монголии был намного меньше, чем в Беларуси, страны с самой высокой смертностью, с количеством смертей 8,5 на миллион населения.

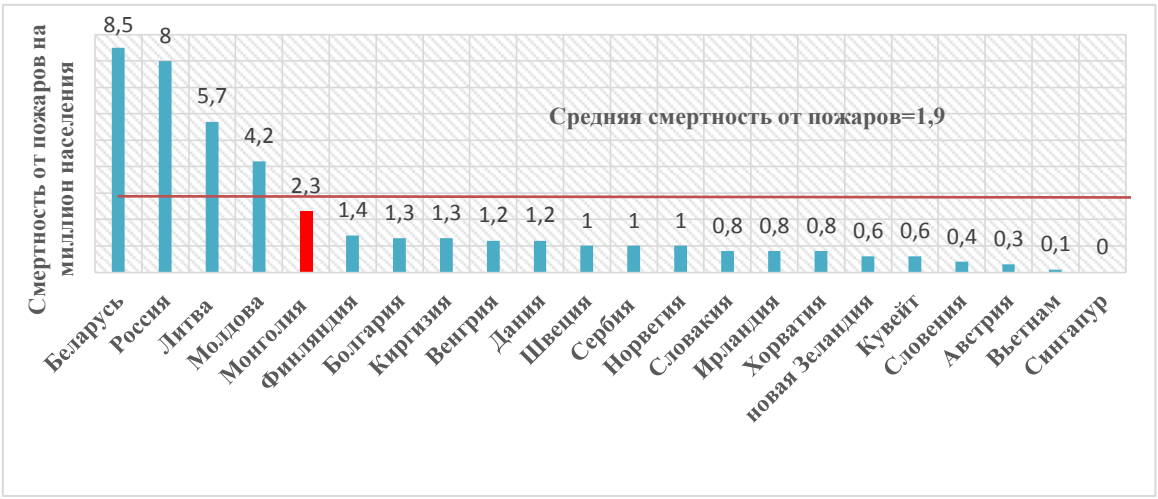


Рис. 3. Международный уровень смертности от пожаров на миллион населения с 2010 по 2014 годы

Несмотря на это, смертность в Монголии по-прежнему, по крайней мере, в двое выше из трех включенных стран (рис. 3): Швеция, Сербия, Норвегия. Дальнейшие исследования могут выявить источник этих

различий. Они могут быть вызваны рядом фактором, в том числе различием в образе жизни, культурными установками в области пожарной, противопожарной практики и образования, строительных правил и практики.

К основным пожарным рискам будем относить следующие [5]:

- Риск R_1 для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах $\left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.год}}\right]$;
- Риск R_2 для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой). Здесь единица измерения имеет вид $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожар}}\right]$;
- Риск R_3 для человека погибнуть от пожар за единицу времени $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.год}}\right]$;

Очевидно, что эти риски связаны соотношением

$R_3 = R_1 \cdot R_2$;

Риск R_1 характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски R_1 и R_2 – некоторые последствия этой реализации .

В качестве пожарных рисков, характеризующих материальный ущерб от пожаров, можно использовать, например, следующие риски:

- Риск R_4 уничтожения строений в результате пожар, $\left[\frac{\text{уничт.строение}}{\text{пожар}}\right]$;
- Риск R_4 прямого материального ущерба от пожара [5], $\left[\frac{\text{денежная единица}}{\text{пожар}}\right]$;

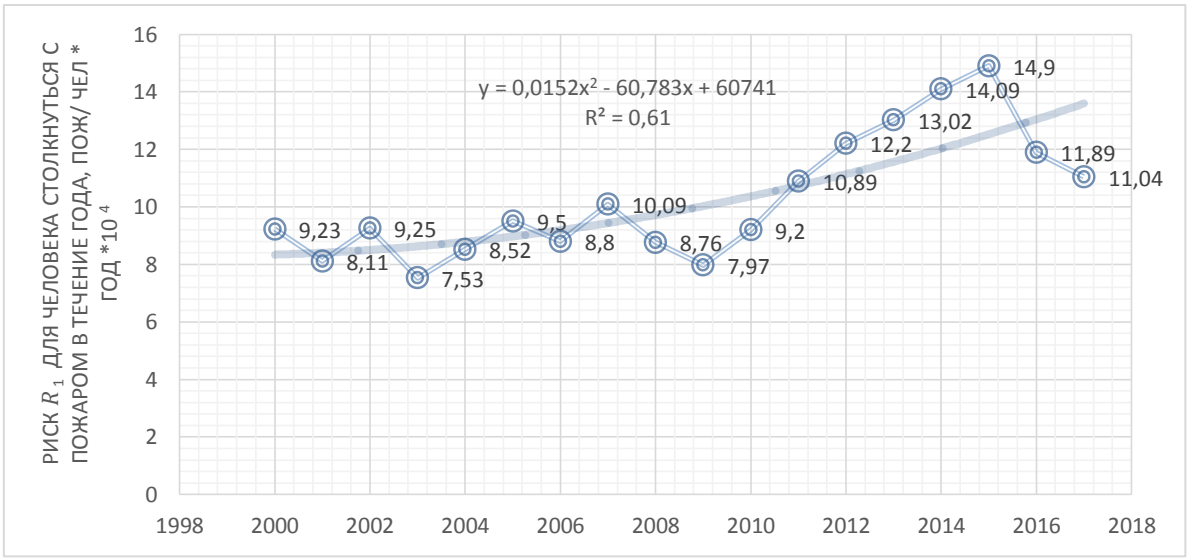


Рис. 4. Динамика значений риска для любого человека в Монголии столкнуться с пожаром в течение года

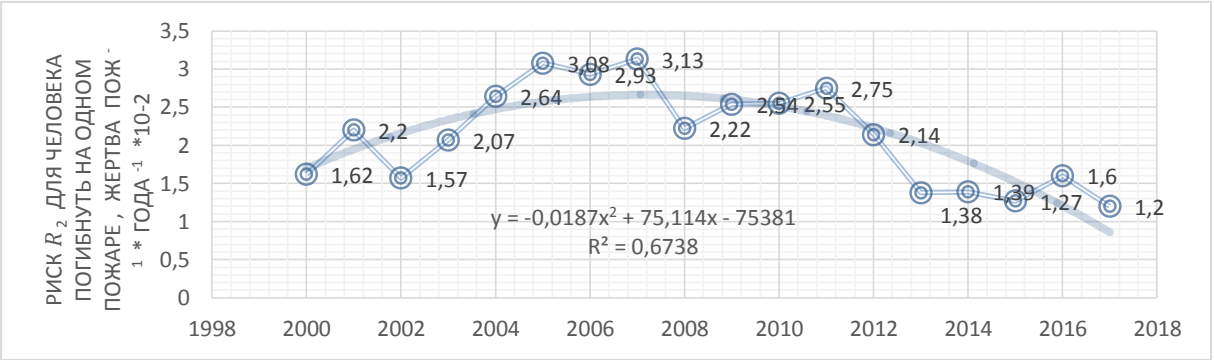


Рис. 5. Динамика значений риска R_2 для человека в Монголии погибнуть на одном пожаре

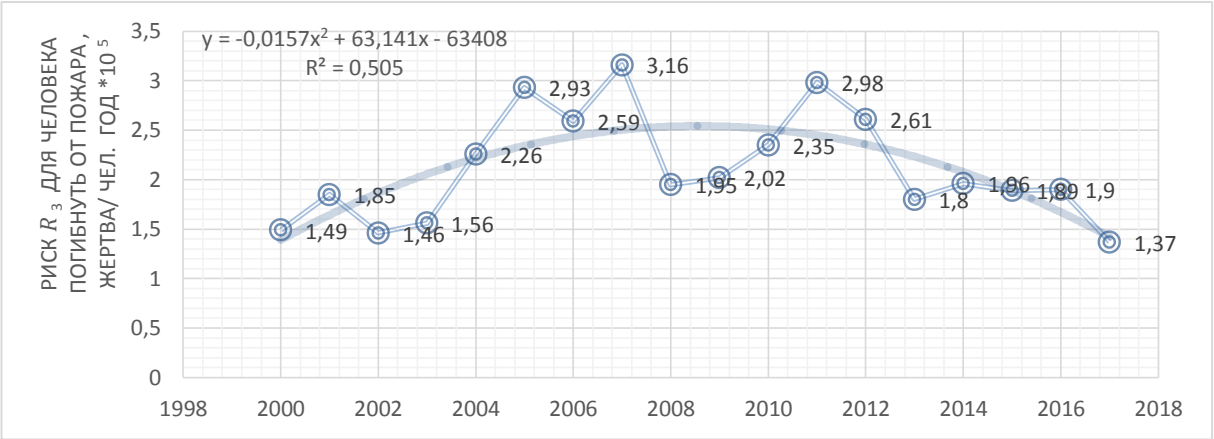


Рис. 6. Динамика значений риска R_3 для любого человека в Монголии погибнуть в течение года в результате пожара от числа проживающих

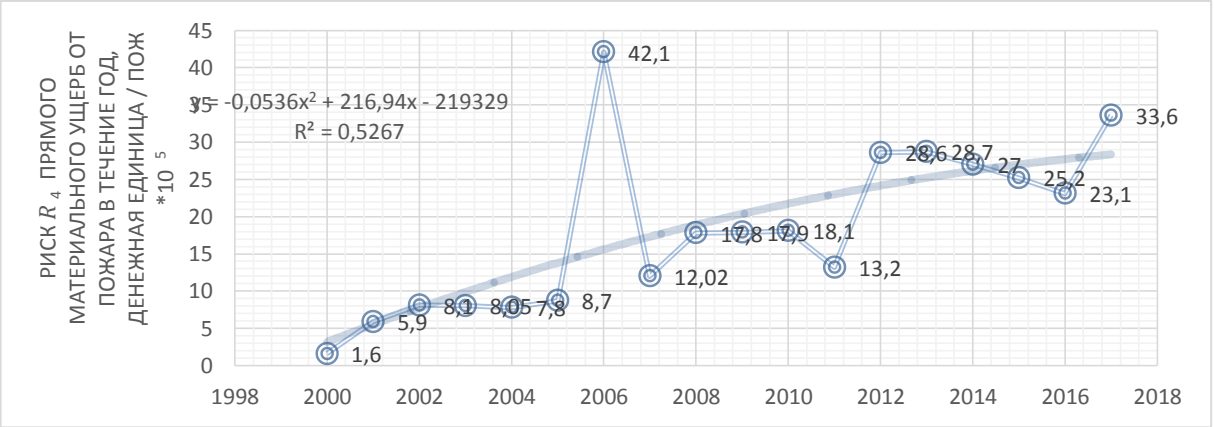


Рис. 7. Динамика значений риска в Монголии R_4 прямого материального ущерба от пожара в течение года

Таблица 1. Оценка индивидуальных пожарных рисков в Монголии в период 2000-2017 годы

Объект исследования	R_1 , пож/ чел*год *10^4	R_2 ,жертва/пож *10^2	R_3 ,жертва/чел. год *10^5	R_4 , денежная единица/ пож* 10^5
Мировые пожарные риски [6,7]	12,4	0,99	1,23	-
Пожарные риски Монголии	10,27	2,14	2,11	18,2

Таким образом, установлено, что риск $R_1^{ср}$ в Монголии и в мире практически равнозначны; риск $R_2^{ср}$ в Монголии и в мире 2 раза; риск $R_3^{ср}$ в Монголии выше, чем в мире в 1,6 ≈ 2 раза.

На основании вышеизложенного можно сделать выводы:

Пожары можно рассматривать как значимый фактор риска социально-экономических последствий в Монголия.

Принимаемые сегодня Правительством Монголии меры по обеспечению пожарной безопасности требуют усовершенствования.

Представленная динамика пожарного риска свидетельствует о необходимости уровня нормативного риска безопасности людей на пожарах.

Приняв меры, направленные на развитие страны по борьбе с пожарами в регионах, социально-экономического развития, снижения и предотвращение последствий стихийных бедствий от пожаров и анализируя систему затрат оценки всех технологий предотвращения гибели и травматизма людей и профессиональную оценку стоимости жизни человека, можно определить приоритетные направления деятельности в Монголия, направленные на снижение социально – экономической стоимости гибели людей при пожарах.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Алтангэрэл Д. – М.: Института стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2016, - 78 с.

2. Пожарная обстановка в период с 2014 по 2015 годы: Статистический сборник. Под общей редакцией Алтангэрэл Д. – М.: Института стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2015, - 78 с.

3. Пожарная обстановка в период с 2000 по 2013 годы: Статистический сборник. Под общей редакцией Намсрай Д. – М.: Института стихийных бедствий Агенства Чрезвычайных Ситуаций Монголии, 2013, - 115 с.

4. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Пожарные риски России / МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. 232 с.

5. Брушлинский Н.Н. Основы теории пожарных рисков и ее приложения: Монография / Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А., Белов В.А., Иванова О.В, Попков С.Ю., / - М: Академия ГПС МЧС России, 2012. –192 с.

6. Присяжнюк Н.Л., Байгалмаа Э. Текущие тенденции пожарных рисков в Монголии // Социально-экономические аспекты принятия управленческих реше- ний: сборник материалов первого межвузовского научного семинара. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – 122 с.

7. Bruslinsky, N.N., Ahrens, M., Sokolov, S., Wagner P. World Fire Statistics Report № 20. Center of Fire Statistics. Internatinol association of fire and rescue services, 2015.

СРЕДСТВА СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАМЕРЗАНИЯ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ

Меженов Владимир Алексеевич, Двоенко Олег Викторович, Хисматулин Станислав Радикович

В статье рассмотрены технические средства, применяемые в пожарно-спасательных подразделения Иркутской области, для обеспечения работы насосно-рукавных систем и пожарных гидрантов в условиях низких температур.

Ключевые слова: низкие температуры, замерзание огнетушащих веществ, работоспособность гидрантов.

MEANS OF REDUCING THE PROBABILITY OF FREEZING OF EXTINGUISHING SUBSTANCES IN FIRE HOSES

Mezhenov Vladimir Alekseyevich, Dvoyenko Oleg Viktorovich, Khismatulin Stanislav Radikovich

In the article technical means used in fire-rescue divisions of the Irkutsk region are considered, to ensure the operation of pumping-hose systems and fire hydrants in conditions of low temperatures.

Keywords: low temperatures, freezing of fire extinguishing substances, hydrants working capacity.

Наиболее сложные условия тушения пожаров складываются в районах с холодным и очень холодным климатом. Климатические условия этих регионов обуславливают то, по сравнению с условиями умеренного климата, что происходит увеличение количества крупных пожаров (на 30 %), возрастает среднее время следования (на 20…25%) и время тушения крупных пожаров (на 40%). При этом складывается следующая тенденция, чем ниже температура воздуха, тем большая продолжительность тушения пожара [1].

Климатические условия Иркутской области отличаются от других регионов страны, находящихся в тех же широтах. Особенностью является более продолжительная зима с высокой амплитудой годовых температур воздуха до 80 °С, и суточных до 30°С. Высокая амплитуда температур и расположение Иркутской области в центре материка обуславливает ее резко континентальный климат. Это оказывает влияние на среднегодовую температуру воздуха, которая почти на всей территории области отрицательная.

Зима на территории области в основном безветренная с характерными температурными инверсиями и высоким атмосферным давлением. Средние температуры самого холодного месяца доходят до -35 °С., а в северных районах минимум может достигать минус 50 °С [2].

Успех тушения пожара в условиях низких температур заключается в оснащенности пожарной техникой «северного» исполнения, применения различных огнетушащих веществ и воздействие сильных морозов на физиологическое состояние пожарных.

Несмотря на развитие технологий тушения пожаров основным огнетушащим веществом является вода. Помимо ряда достоинств воды, таких как: доступность и дешевизна, высокая удельная теплоемкость, высокая скрытая теплота парообразования, химическая инертность имеются и недостатки. Это замерзание воды в насосно-рукавных системах автомобилей при тушении пожаров в условия низких температур (рисунок 1).



Рис. 1. Обледенение гидравлической арматуры при тушении пожара

Для повышения эффективности работы пожарно-спасательных подразделений ГУ МЧС по Иркутской области сотрудниками ФПС ГПС были внедрены некоторые технические решения, позволяющие облегчить работу пожарных в условия низких температур.

Процесс замерзания воды в рукавных линиях при тушении пожаров в условиях низких температур является одной из основных проблем. С течением времени образуется лед на внутренней стенке рукава и его арматуре, что впоследствии приведет к уменьшению расхода воды и увеличению времени тушения пожара [3].

Кроме этого, при тушении пожаров в условиях низких температур не рекомендуется заблаговременно осуществлять прокладку резервных магистральных линий. После прокладки линии внутренняя часть рукавов сильно переохлаждается до температуры окружающего воздуха, что приводит к потере эластичности материала пожарных рукавов. При подаче воды в такую линию происходит появление шуги, что впоследствии приводит к закупорке всей линии.

Для решения этой проблемы применяется техническое устройство, которое представляет собой шаровый кран с диаметром условного прохода 50 мм. Через металлические вставки с двух сторон с помощью резьбы присоединяются полугайки диаметром условного прохода 50 мм (рисунок 2).

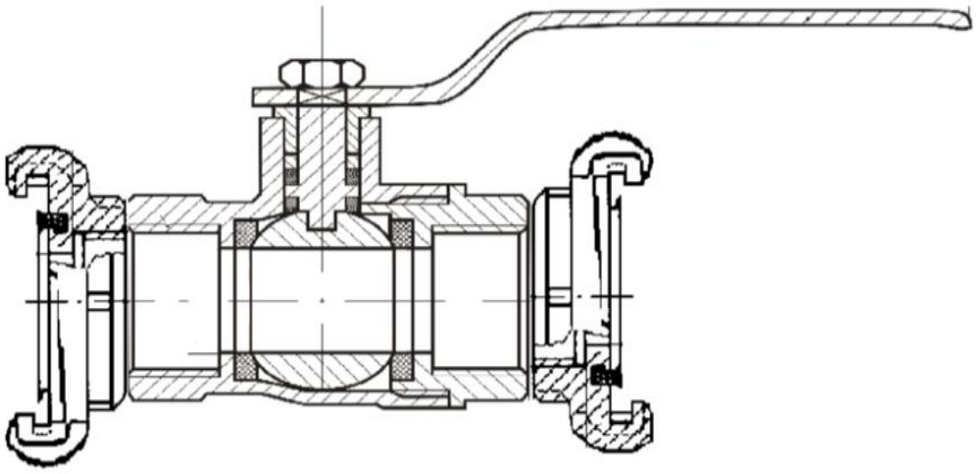


Рис. 2. Рукавное перекрывное устройство

Во-первых, устройство может применяться для сокращения времени развертывания при прокладке рабочих и магистральных рукавных линий без отключения подачи воды от насоса.

Во-вторых, может применяться для удаления шуги из рукавной линии. На вооружении в подразделениях пожарной охраны имеются стволы пожарные ручные комбинированные с регулируемым расходом и регулируемой геометрией струи. В конструкции стволов имеются мелкие каналы, по которым огнетушащие вещество из рукавной линии поступает на тушение пожара. В условиях низких температур при перекрывании ствола для проведения различных работ на месте пожара (разбор завалов, аварийно-

спасатетельные работы и т.п.), в рукавной линии образовывается шуга. При открывании ствола, шуга попадает в каналы, забивая их. Подача огнетушащих веществ становится невозможной.

Для предотвращения этого, пожарный отсоединяет ствол от рукавного перекрывного устройства, открывает кран, спускает шугу из рукавной линии, и присоединяет ствол обратно.

Еще одной проблемой, в регионах холодного климата, является использование пожарных гидрантов. Очень часто из строя выходят сливные устройства, и после использования гидранта на пожаре, вода не успевает сливаться из стояка гидранта, и под воздействием низких температур замерзает. Эта проблема особенно обостряется в безводных и маловодных районах города.

Для быстрой разморозки гидрантов, сотрудниками ФПС ГПС МЧС России по Иркутской области используется устройство, которое пожарные назвали «Зонд». Оно состоит из стальной трубы диаметром условного прохода 10-20 мм. и длиной около 2 метров. Для удобства работы, на верхний конец трубы присоединяется гибкий шланг диаметром 20 мм. с рукавной полугайкой.

Через напорный рукав устройство присоединяется к выходному патрубку пожарного насоса. Происходит подача воды под давление 0,4 Мпа. Вода, выходя из стальной трубы за счет силы трения и температуры воды разрушает лед в стояке гидранта. В среднем на освобождения гидранта уходит до 2 минут, в зависимости от толщины льда.

Применение подобных устройств, значительно облегчает работу пожарных при низких температурах. Оба устройства хорошо зарекомендовали себя в подразделениях Иркутской области при тушении пожаров в сильные морозы и имеют положительный отзыв от сотрудников.

Литература

1. Пожарная и аварийно-спасательная техника: Учебник. М.Д.Безбородько, С.Г.Цариченко, М.В.Алешков, В.В.Роенко, А.В.Рожков и др. / Под ред. М.Д.Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 357 с.

2. М. В. Алешков Особенности тушения крупных пожаров на территории Российской Федерации при внешнем воздействии опасных природных явлений // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 5. – С. 59–64.

3. Винокуров, М. А. Экономика Иркутской области : [науч. - популяр. и учеб. - справ. пособие] : в 5 т. / М. А. Винокуров, А. П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2008.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОТРАБОТАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Клевцова Анастасия Викторовна, Кононов Андрей Викторович

Изучены пути сокращения объема отработанных ионообменных материалов и извлечения загрязняющих полифенолов из них в винной промышленности.

Ключевые слова: отработанные ионообменные материалы, винная промышленность, полифенолы, антоцианы, сточные воды винной промышленности.

WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF SPENT ION-EXCHANGE MATERIALS IN THE WINE INDUSTRY

Klevtsova Anastasiya Viktorovna, Kononov Andrey Viktorovich

The ways of reducing the volume of spent ion-exchange materials and extracting polluting polyphenols from its were studied in the wine industry.

Keywords: spent ion-exchange materials, wine industry, polyphenols, anthocyans, waste water of the wine industry.

Постановка проблемы: Краснодарский край является регионом с развитой перерабатывающей промышленностью продуктов сельскохозяйственного производства. Наиболее быстрыми темпами развивается виноделие, сточные воды и отходы которого представляют собой колоссальную нагрузку на очистные агрегаты, в том числе загрязняют ионообменные материалы. В многокомпонентной загрязняющей смеси содержатся вещества различной химической природы, в том числе полифенолы [1]. Данные вещества играют решающую роль в накоплении и увеличении доли необратимых загрязнителей на поверхности ионообменников не только в виноделии, но и в производстве других напитков. Таким образом, иониты становятся непригодными для дальнейших очистных мероприятий и превращаются в отходы. Как известно, ионообменные смолы, в зависимости от их применения в промышленности, могут относиться ко всем классам опасности по классификатору отходов производства и потребления. Например, ионообменная смола, отработанная при очистке кубовых остатков от непредельных углеводородов в производстве фенола и ацетона относиться к четвертому классу опасности [2].

Российское законодательство предписывает сдавать на утилизацию отработанные ионообменные смолы в специализированные предприятия,

обладающие лицензиями на право обращения с опасными отходами [3, 4]. На практике не все предприятия следуют данному указанию. Выбор пути «смериться и оплатить штраф» для организаций повсеместен, так как на сегодняшний момент затраты на переоборудование производства несоизмеримы с суммами, предписанными органами Росприроднадзора. Таким образом, отработанные смолы способы оказать значительное воздействие на экологическую безопасность: загрязнить водоемы, убить их флору и фауну, отрицательно сказаться на экологии местности в целом. Во избежание вышеперечисленных последствий, важно повысить экологичность и эффективность процесса ионообменной очистки сточных вод винной промышленности за счет сокращения объема отработанных ионообменных материалов и извлечения загрязняющих полифенолов из них.

Методика исследования: Для данной работы были выбраны ионообменные смолы российского производства, которые представлены в таблице 1. Смолы в качестве ионообменного материала наилучшим образом подходят для данной тематики, так как именно их используют в пищевой промышленности [5], к тому же на гранулированных ионитах можно наглядно исследовать процессы их загрязнения сложными молекулами полифенолов [6].

Таблица 1 – Некоторые характеристики исследуемых ионитов.

Ионит	Матрица	Фиксированные группы
Катионообменная смола		
КУ-2-8	ДВБ	$-SO_3^-$
Анионообменная смола		
АВ – 17 -8	ДВБ	$-N^+(CH_3)_3$
АВ – 17 -2	ДВБ	$-N^+(CH_3)_3$
ЭДЭ – 10П	ЭХГ	=NH, $-NH_2$

Был проведен ряд экспериментов с концентрацией полифенолов (антоцианов) 20±0,1 мг/дм^3. При данной концентрации уменьшается возможность совершить ошибку в измерениях. Большую концентрацию применять нецелесообразно, так как невозможно будет оценить загрязнение антоцианами ионитов по методу pH-дифференциальной спектрофотометрии.

Оптическую плотность суммы антоцианов рассчитывают, как разность оптических плотностей растворов при разных длинах волн и значениях pH по формуле:

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH=1} - (A_{510} - A_{700})_{pH=4,5}, \quad (1)$$

Массовую концентрацию суммы антоцианинов C(x), мг/дм^3, рассчитывают в пересчете на цианидин – 3 – глюкозид (C3G) по формуле:

$$C(x) = \frac{A * M(x) * V_1}{V_2 * E * L} * 10^3, \quad (2)$$

где A – измеренная оптическая плотность суммы антоцианинов;

M(x) – молекулярная масса C3G, равная 449,2 г/моль;

V_1 – вместимость мерной колбы, взятой для разбавления, см^3;

V_2 – объем пробы, отобранный для анализа, см^3;

E – молярный коэффициент экстинкции C3G, равный 26900 [моль*см/дм^3] $^{-1}$;

L – длина оптического пути кюветы, равная 1 см.

При расчёте значения массовой концентрации антоцианов, сорбируемых исследуемой ионообменной смолой ($C_{ц.смолы}$) использовали уравнение:

$$C_{ц.смолы} = \frac{(C_{ц.исх} - C_{ц.текущ.})V_2}{V_{смолы}}, \quad (3)$$

$$V_{смолы} = m\rho, \quad (4)$$

где $C_{ц.исх.}$ – исходная концентрация антоцианов в смоле, мг/дм^3;

$C_{ц.текущ.}$ – концентрация антоцианов в смоле текущая, мг/дм^3;

$V_{смолы}$ – объем смолы, дм3;

m – масса смолы, г;

ρ – плотность смолы, г/дм3.

Выводы:

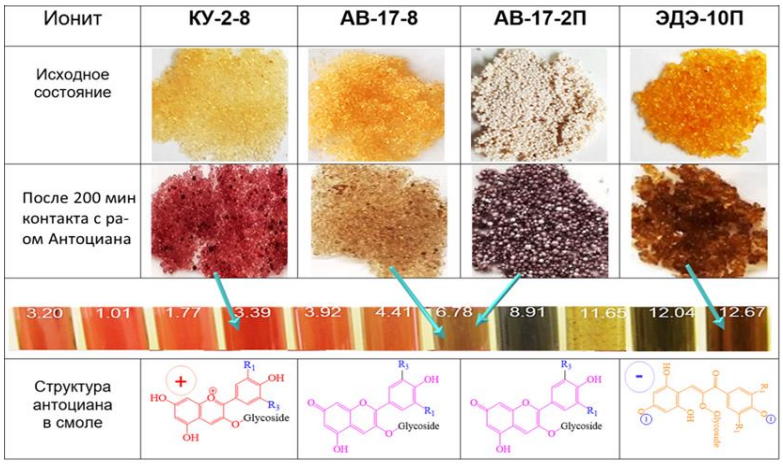


Рис. 1. Цветовая индикация структуры антоцианов внутри ионообменных смол после их контакта в течение 200 минут из водного раствора ($C_{антоциана}$=20 мг дм$^{-3}$), pH которого равен 3,00±0,01.

Выявлено, что при pH=3 наиболее высокую сорбцию антоцианов обеспечивает смола КУ-2-8 (рис. 2). Причиной является комбинация электростатических взаимодействий положительно заряженных антоцианов с отрицательно заряженными фиксированными группами смолы, а также

стэкинг взаимодействия ароматических колец антоцианов и полимерной матрицы, которая состоит из сополимера полистирола и дивинилбензола (рис.1).

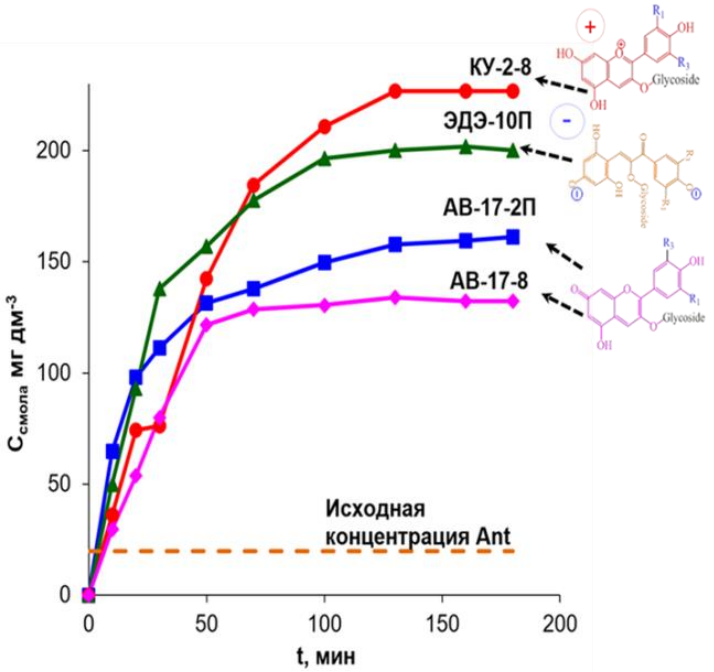


Рис. 2. Кинетические зависимости сорбции антоцианов ионообменными смолами (pH равен 3,00±0,01)

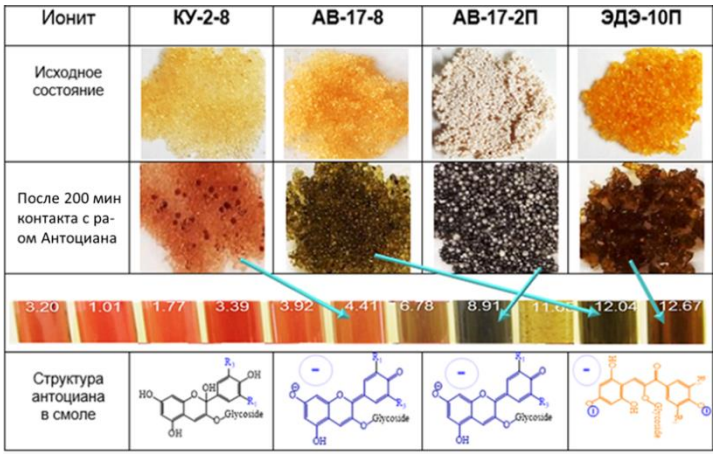


Рис. 3. Цветовая индикация структуры антоцианов внутри ионообменных смол после их контакта в течение 200 минут из водного раствора ($C_{антоциана}$=20 мг дм$^{-3}$), pH которого равен 6,00±0,01.

При pH=6 антоцианы, попадающие в анионообменную смолу АВ-17 и ЭДЭ-10П, приобретают отрицательный заряд и вступают в электростатические взаимодействия с положительно заряженными фиксированными группами (рис.3), поэтому кинетика сорбции смолами при данном значении pH меняется в сторону увеличения сорбционной способности анионообменных смол (рис.4).

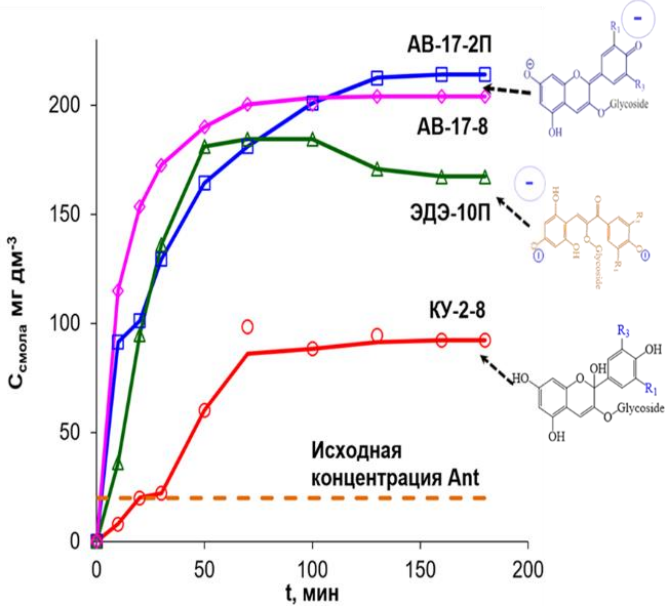


Рис. 4. Кинетические зависимости сорбции антоцианов ионообменными смолами (pH равен 6,00±0,01)

Таким образом, меняя значение pH перерабатываемого раствора можно управлять сорбцией антоцианов ионообменными смолами: уменьшать степень загрязнения ионообменников полифенолами, а, следовательно, продлевать срок службы данных ионитов. Также подбор смолы и pH перерабатываемого раствора будет использоваться в дальнейшем для определения оптимальных условий извлечения загрязняющих полифенолов из сточных вод винодельческой промышленности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ), грант 17-19-01486.

Литература

1. Jackson, R.S. Wine science: principles and applications / R.S. Jackson. – 4 ed. – London: Academic Press, 2014. – P. 751.

2. Приказ N 242 Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изменениями на 20 июля 2017 года.

3. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об отходах производства и потребления" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018).

4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) "Об охране окружающей среды".

5. Золоторева, М. С. Электродиализ - наиболее эффективный процесс деминерализации молочной сыворотки / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, А. С. Бессонов, В. К. Топалов // Молочная промышленность. – 2014. – No. 3. – С. 37-38.

6. Никитина, С. Ю. Применение ионообменных смол для очистки пищевого этанола от органических кислот / С. Ю. Никитина, Л. В. Рудакова, С. И. Карпов, О. Б. Рудаков // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14 – No. 4. – С. 642 – 647.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН В СВЕРХПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВЫХ РЕЖИМАХ

Кононов Андрей Викторович, Шкоркина Инна Владимировна, Клевцова Анастасия Викторовна

В данной работе представлено теоретическое (математическое моделирование) и экспериментальное (хронопотенциометрия) исследование коммерческих ионообменных мембран при протекании постоянного электрического тока. Сопоставление полученных данных позволяет проанализировать энергетическую целесообразность использования различных катионообменных мембран по значению скачка потенциала в стационарном состоянии, и таким образом установить, какая из исследуемых мембран наиболее эффективна при использовании в системах защиты окружающей среды.

Ключевые слова: математическое моделирование, катионообменные мембраны, электродиализ, хронопотенциометрия, защита окружающей среды.

EVALUATION OF ENERGETIC AND ECOLOGICAL EFFICIENCY OF USING CATION-EXCHANGE MEMBRANES IN CASE OF OVERLIMITING CURRENT REGIMES

Kononov Andrey Viktorovich, Shkorkina Inna Vladimirovna, Klevtsova Anastasiya Viktorovna

We obtained experimental and theoretic chronopotentiometric curves by applying with method of chronopotentiometry and mathematic modelling. Matching of obtained curves and determination of stationary potential drop value allow to analyze the advisability of using various cation-exchange membranes. It will be useful to identify membranes, which are more safe for the environment in case of various current densities.

Keywords: mathematic modelling, cation-exchange membranes, electrodialysis, chronopotentiometry, environment safety.

Законы ограниченности ресурсов определяют условия устойчивого развития и функционирования природной среды и гласят, что существуют лимиты на использование ресурсов Земли [1]. Исходя из этого, возникло такое направление, как «зеленая химия», которое предполагает полный или практически полный отказ от использования токсичных веществ, а

также применение в производстве инновационных методов, при которых максимально эффективно используются природные ресурсы, сильно сокращаются выбросы и сбросы предприятий в окружающую среду [2].

Мембранные процессы остаются самыми перспективными в плане получения чистой воды, обессоливания и опреснения [3]. Среди них наиболее интересен процесс перенос ионов через мембрану под действием электрического тока – электродиализ (ЭД), области применения которого в последние десятилетия только расширяются (рисунок 1).



Рис. 1. Применение процесса электродиализа

Объекты исследования. В качестве объектов исследования выбраны пять катионообменных мембран, применяемых в водоподготовке и очистке промышленных стоков: Nafion 438 (DuPont de Nemours, США), CMX (Astom, Япония) и Fuji Type I, II, X (Fujifilm, Нидерланды). Мембраны отличаются по химическим, физическим свойствам, а также по строению и способу получения.

Методика исследования. Все электрохимические исследования проведены на экспериментальной установке (рисунок 2), подробно описанной в [4] и состоящей из мембранной ячейки, гидравлической и измерительной систем.

Электрохимическая ячейка 1 обеспечивает ламинарное течение раствора. Рабочий раствор из герметичного резервуара 2 через отверстие попадает в емкость 3 вследствие градиента давления. Скорость потока раствора по трубкам регулируется кранами 4. Из камер 5 ячейки отработанный раствор поступает в емкость 6. Уровень раствора в резервуаре 3 обес-

печивается регулированием атмосферного давления и давления внутри резервуара 2.

Постоянный ток задается потенциостатом-гальваностатом Autolab PGSTAT-100 7 через поляризующие электроды 8. Скачок потенциала на исследуемой мембране 9 регистрируется закрытыми хлорсеребряными электродами, подключенными к капиллярам Луггина 10.

Численный теоретический расчет проводился при помощи математической модели, разработанной в пакете программ Comsol Multyphisycs 5.2, исходные данные для расчетов получены из справочников, аналитических уравнений и результатов предварительных экспериментов.

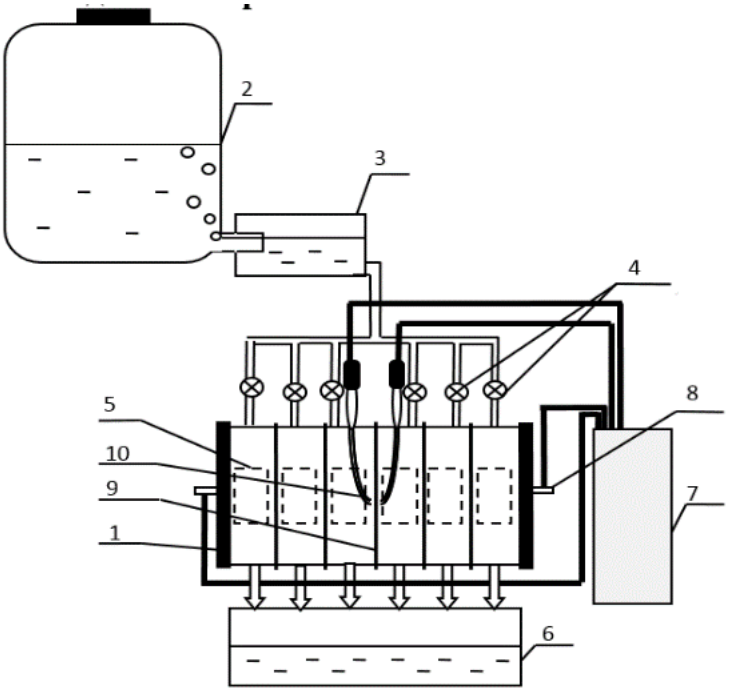


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Математическая модель. Для изучения поведения систем с ионообменными мембранами разработана математическая гальваностатическая модель. Перенос ионов описывается системой уравнений Нернста-Планка (1), материального баланса (2) и Пуассона (3) и формулы напряженности электрического поля (4) для двухкомпонентного раствора бинарного электролита:

$$J_k = -D_k\left(\frac{dc_k}{dx} + z_k c_k \frac{F}{RT}E\right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial c_k}{\partial t} = -\frac{\partial J_k}{\partial x}, \quad (2)$$

$$\varepsilon\varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial x} = F\left(z_1 c_1 + z_2 c_2 + z_m c_m\right), \tag{3}$$

$$E = \frac{\frac{j}{F} + z_1 D_1 \frac{dc_1}{dx} + z_2 D_2 \frac{dc_2}{dx}}{\frac{F}{RT}\left(z_1 D_1 c_1 + z_2 D_2 c_2\right)}. \tag{4}$$

где J_k – плотность потока ионов, D_k – коэффициент диффузии k-го сорта ионов, c_k – концентрация ионов, z_k – заряд, k – индекс иона (1 – катион, 2 – анион), F – постоянная Фарадея, R – универсальная постоянная,
T – температура раствора, φ – скачок потенциала, ε – диэлектрическая проницаемость среды, ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость, E – напряженность электрического поля, z_m – заряд фиксированных групп в мембране, c_m – обменная емкость мембраны (в диффузионных слоях c_m.=0).

Результаты и их обсуждение. Разработана математическая гальваностатическая модель переноса ионов через ионообменную мембрану, основанная на уравнениях Нернста-Планка, Пуассона, материального баланса и плотности тока. Верификация модели показала, что экспериментальные данные хорошо описываются результатами численных расчетов и модель может использоваться для характеристики мембранных систем наряду с экспериментальными методами.

Для сравнения экологической и энергетической эффективности использования мембран использовались хронопотенциометрические кривые, полученные при превышении плотности тока своего предельного значения в 1,4 раза, а также в 1,6 и 2 раза.

Эффективность использования рассматривается, исходя из двух связанных между собой положений: энергетического (чем меньше скачок потенциала, тем меньшее количество энергии необходимо затратить для работы электродиализатора) и экологического (чем меньше энергетические затраты, тем меньше природных ресурсов необходимо затратить для функционирования установки).

Наиболее эффективной с точки зрения энергетических затрат в случае небольшого превышения предельного тока стала мембрана Nafion 438, так как её значения скачка потенциала меньше, чем у остальных исследованных мембран (рисунок 3).

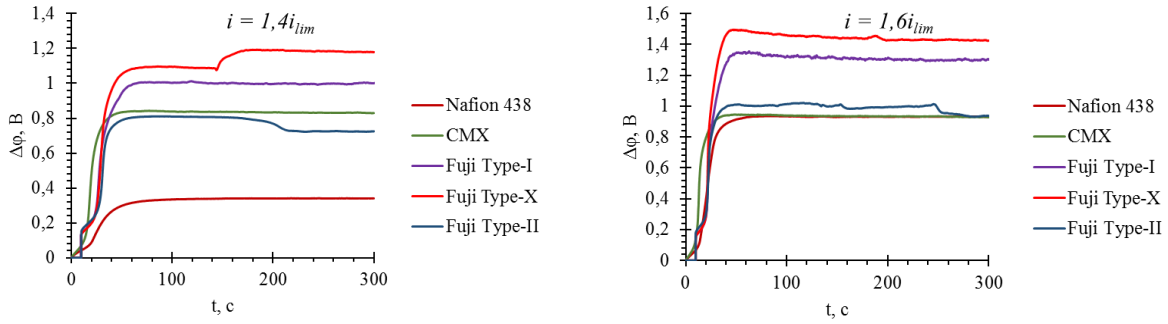


Рис. 3. Хронопотенциометрические кривые, полученные при небольшом превышении предельного тока (слева) и при дальнейшем его увеличении (справа)

При дальнейшем повышении плотности тока эффективность мембран Nafion 438 и CMX практически одинакова, а скачок потенциала Fuji Type-II незначительно превышает значение первых двух. (рисунок 3). Использование той одной из них в данном случае будет обусловлено только экономическими издержками в виде стоимости мембран.

При высоких значениях плотности тока наиболее эффективными становятся мембраны CMX и Fuji Type-II с немного большим значением скачка потенциала (рисунок 4). В этом случае, как и при меньших значениях тока, использование мембран определяется только их стоимостью.

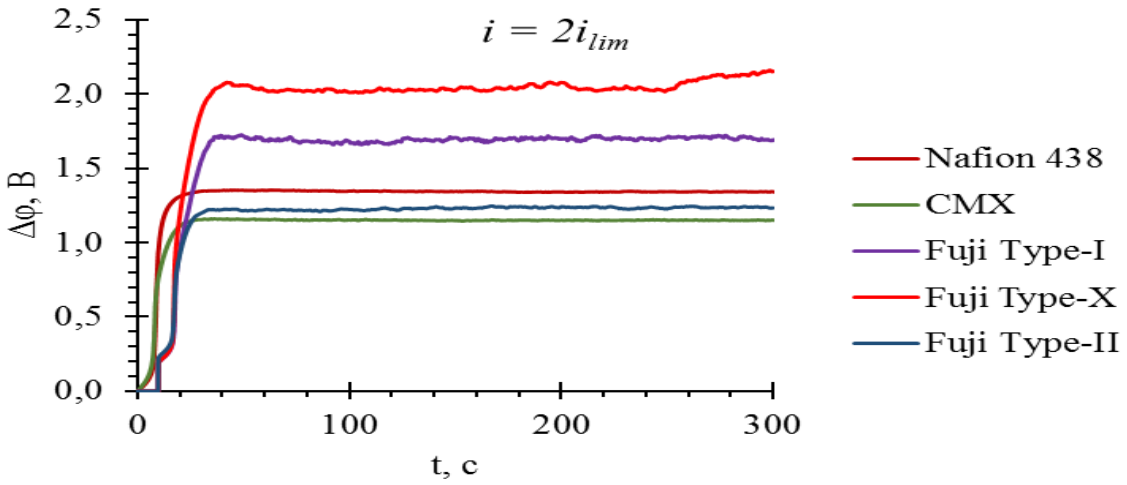


Рис. 4. Хронопотенциометрические кривые, полученные при превышении предельного тока в 2 раза

Отличие от работ других исследователей. Перенос ионов в мембранных системах в основном описывается уравнениями Нернста-Планка-Пуассона в одномерном случае и Нернста-Планка-Пуассона-Навье-Стокса в двумерном.

В одномерном случае рассматриваются либо потенциостатические модели [5], либо гальваностатические модели с условием электронейтральности [6]. Двумерные модели используются для изучения вольтамперных характеристик [7], пульсирующих режимов [8], а также гравитационной конвекции [9].

При всем разнообразии математических моделей система уравнений Нернста-Планка-Пуассона пока не встречалась ни в одной гальваностатической модели.

Выводы.

1. Разработана математическая гальваностатическая модель переноса ионов в системе раствор-ионообменная мембрана-раствор, не имеющая аналогов. Теоретические расчетные данные, полученные с помощью этой модели хорошо коррелируются с экспериментальными значениями, полученными в лабораторных условиях.

2. Анализ хронопотенциометрических кривых, рассчитанных с помощью модели, показал, что при небольшом превышении предельного тока наиболее эффективна мембрана Nafion 438, при дальнейшем повышении плотности тока примерно одинаковую эффективность показали Nafion 438, CMX и Fuji Type-II, а при высоких плотностях тока наиболее эффективными стали CMX и Fuji Type-II.

3. С точки зрения экологической составляющей, целесообразность использования того или иного ионообменного материала напрямую зависит от энергозатрат на его нормальную работу в очистной установке: чем меньше затраты энергии, тем выше оправданность применения в производственном цикле.

Литература

1. Пегов С.А. Устойчивое развитие в условиях глобальных изменений природной среды / Вестник Российской Академии Наук. –2004. –Т. 74. –№ 12. –С. 1082–1089.

2. Тарасова Н.П., Макарова А.С., Вавилов С.Ю., Варламова С.Н., Щукина М.Ю. Зеленая химия и российская промышленность / Вестник Российской Академии Наук. – 2013. –Т. 83. –№ 12. –С. 1–8.

3. Кулаков А.А. Особенности очистки водопроводной воды с помощью электродиализа / Вода Magazine. –2017. –№. 2(114). –С. 34–35.

4. Mareev S.A., Butylskii, D.Yu., Pismenskaya N.D., Nikonenko V.V. Chronopotentiometry of ion-exchange membranes in the overlimiting current range. Transition time for a finite-length diffusion layer: modeling and experiment / Journal of Membrane Science. – 2016. –V. 500. –P. 171–179.

5. Sistat P., Huguet P., Ruiz B., Pourcelly G., Mareev S., Nikonenko V. Effect of pulsed electric field on electrodialysis of a NaCl solution in sub-limiting current regime/ Electrochim. Acta. –2015. –V. 164. –P. 267-280.

6. Pismenskiy A., Urtenov M., Kovalenko A., Mareev S. Electrodialysis desalination process in conditions of mixed convection / Desalination and Water Treatment. –2015. –V. 56. –No. 12. –P. 3211–3213.

7. Davidson S.M., Wessling M., Mani A. On the Dynamical Regimes of Pattern-Accelerated Electroconvection / Scientific Reports. –2016. –V. 6. –P. 1–10.

8. Uzdenova A.M, Kovalenko A.V., Urtenov M.K., Nikonenko V.V. Effect of electro-convection during pulsed electric field electrodialysis. Numerical experiments / Electrochem. Comm. –2015. –V. 51. –P. 1–5.

9. Pismenskiy A., Urtenov M., Kovalenko A., Mareev S. Electrodialysis desalination process in conditions of mixed convection / Desalination and Water Treatment. –2015. –V. 56. –P. 3211–3213.

ТИПОЛОГИЯ РАЙОНОВ МЕГАПОЛИСА ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Михайлов Кирилл Андреевич

Предлагается применить кластерный анализ для типологизации территорий мегаполиса на примере города Москвы по пожарной обстановке.

Ключевые слова: пожарная опасность, кластерный анализ, мегаполис.

THE TYPOLOGY OF THE DISTRICTS OF MEGALOPOLIS ON FIRE DANGER

Mikhaylov Kirill Andreyevich

It is proposed to use cluster analysis for the typology of the territory of megalopolis on fire danger.

Keywords: fire danger, cluster analisys, megalopolis.

При типологизации территорий, округов, районов мегаполиса по пожарной безопасности необходимо учитывать такие факторы, как объемы горючих веществ и материалов, находящихся на них, а также их класс, особенности рельефа, климата, текущие погодные условия, вероятность появления источников зажигания, наличие противопожарных средств и их качество. Для учета территориальных аспектов пожарной опасности, относящихся к жилым массивам, промышленным и сельскохозяйственным объектам в районах мегаполиса на примере города Москвы, необходимо включить в рассмотрение такие системные факторы, как социально-экономические, демографические, организационные и управленческие, материально-технические (относящиеся к деятельности МЧС России) и другие.

Методы сложной многомерной классификации, предназначенные для разделения определенной совокупности некоторых объектов (районов и округов Москвы) на однородные группы в части схожести условий по пожарным рискам, как правило, включают кластерный анализ [1-2]. Наличие множества исходных признаков, характеризующих пожарные риски, заставляет отбирать из них наиболее существенные и изучать меньший набор признаков, то есть снижать размерность детерминант пожарного риска [3]. Как правило, при этом исходное поле детерминант подвергается некоторому преобразованию, обеспечивающему минимальную потерю информации, что даёт возможность лаконичного и более простого объяснения многомерных структур, которые связаны с пожарными рисками [5].

Решение задачи кластеризации, как правило, неоднозначно и обусловлено следующими основными причинами:

- критерий качества кластеризации является эвристическим, зависит от представлений экспертов предметной области, которые оценивают разумность выделения кластеров;

- число кластеров в общем случае неизвестно и устанавливаются в соответствии с некоторым субъективным критерием меры близости оцениваемых объектов;

- результат кластеризации существенно зависит от метрики, выбор которой определяется экспертами, оценивающими поле пожарных рисков.

С учётом того, что указанное множество, как правило, отличается очень большой размерностью, задача типологизации является своеобразной «свёрткой» исходных информационных таблиц. При этом число выделяемых типов объектов или явлений всегда меньше, чем уникальных единиц. В результате получается логичное и наглядное представление типов территорий по пожарной обстановке в пространстве существенно меньшей размерности, позволяющее более точно обосновывать и принимать решения о предупреждении и эффективном тушении пожаров в зависимости от типа территории.

Задача кластерного анализа при типологизации районов мегаполиса на примере Москвы – на основании получаемой информации выделить типы: территории, схожие по уровню пожарной опасности.

Кластеризация позволяет на основании математических методов анализа выделить группы районов, схожих друг с другом по набору заданных переменных [1-4]. Суть данной процедуры состоит в том, что она автоматически классифицирует элементы массива данных (районы), создавая однородные группы.

Если представить районы мегаполиса в качестве точек, расположенных в многомерном пространстве признаков (в нашем случае это будут параметры пожарной обстановки), то на выходе мы получим несколько групп точек, находящихся ближе всего друг к другу (см. рисунок 1).

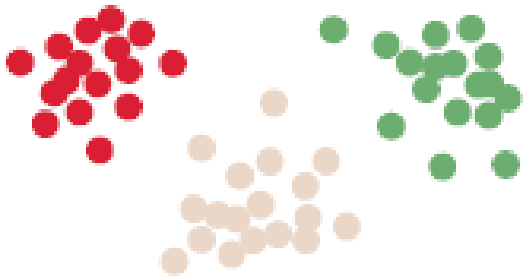


Рис. 1. Результат кластерного анализа

На рисунке 1 изображен результат работы кластерного анализа. В двумерном пространстве признаков существует три группы точек, которые расположены в относительной близости друг к другу. Это означает, что показанные элементы в наибольшей степени похожи друг на друга по заданным характеристикам.

Таким образом, типологизация районов мегаполиса позволит выделить сходные по пожарной опасности территории и существенно поможет при решении задачи оптимального управления ресурсами государственной противопожарной службы.

Литература

1. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
2. Классификация и кластер / Под ред. Дж. Вэн-Райзина. – М.: Мир, 1980. - 390 с.
3. Ким Дж. О., Мьюллер Ч. У., Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
4. Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
5. Топольский Н.Г., Минаев В.А., Дао Ань Туан. Типологизация территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности в секторе хозяйствующих субъектов. / «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» № 4 (2017) – С. 8-16.

РЕШЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМ В РАССЛЕДОВАНИИ ПОЖАРОВ

Салионов Дмитрий Сергеевич

Проанализирована история становления пожарной охраны. Выявлены основные проблемы, требующие решения. Предложено решение проблемной области с помощью применения системы поддержки лица принимающего решение.

Ключевые слова: расследование пожаров, межведомственное взаимодействие, фантомный агент, система поддержки, база ассоциаций, база правил.

THE SOLUTION OF THE EXISTING PROBLEMS IN THE INVESTIGATION OF FIRES

Salionov Dmitry Sergeyevich

This article analyzes the history of formation of fire protection. The main problems requiring solutions. The proposed solution problem domain through the use of systems to support decision makers.

Keywords: investigation of fires, interagency cooperation, phantom agent, system support, database association, database rules.

Долгие годы пожарная охрана России претерпевала различного рода перемены. В основном они направлены на развитие и совершенствование двух видов деятельности: пожаротушение и профилактическая деятельность. Каждое из направлений состоит из нескольких функционалов, выполняющих возложенные обязательства. В совокупности они формируют единую систему, работоспособность которой зависит от каждого комплектующего её элемента.

Одним из самых сложных и трудоемких процессов, задействованных в системе, является расследование и экспертиза пожара. Этот процесс относится к профилактической деятельности. Органами, наделенными функцией дознания, являются органы государственного пожарного надзора, деятельность которых имеет практически столетнюю историю.

Сложность процесса расследования и экспертизы пожаров во-первых заключается в колоссальном объеме информации, необходимом для проведения работ и получения результата, что усложняется еще ограниченными временными сроками на их выполнение. Во-вторых, необходимо учитывать, что пожар может служить местом преступления, а от степени выгорания конструкций зависит возможность определения следов возможного преступления, очага пожара, путей распространения и причины возникновения. В-третьих, сложностью процесса расследования можно считать необходимость постоянного взаимодействия с различными органами и ведомствами в процессе следственных действий и вплоть до их завершения [1]. Сложность процесса взаимодействия заключается в том, что оно осуществляется с помощью бумажных носителей в запросно-ответной форме. Это занимает большое количество времени, что пагубно сказывается на процессе расследования и ставит под сомнение точность заключения. А ведь от каждого заключения может зависеть судьба не только одного человека, но и обстановки с пожарами всего Государства. Большая часть профилактической деятельности строится на анализе статистических данных. Эти данные преимущественно осуществляет пожарный надзор и в частности дознаватель. Полученные показатели важны для планирования, про-

гнозирования и построения профилактических мероприятий, а также учета других особенностей с целью совершенствования противопожарных мероприятий [2].

Решение существующих проблем расследования и экспертизы пожаров возможно осуществить с помощью создания системы взаимодействия органов участвующих в процессе расследования с возможностью подключения различных модулей. Эта система будет включать в себя распределенную базу ассоциаций и единую базу правил. База ассоциаций будет служить для поиска и предложения решения возникающего вопроса, а единая база правил будет иметь конкретные решения и составлять основу для получения ответа на поставленный вопрос. Если ответа на такой вопрос в базе не находится, то она автоматически вступает в стадию обучения. Процесс изучения подходов к расследованию пожаров позволил определится с применением многоагентного подхода. Действия каждого участника можно представить как действия самостоятельного агента, а процесс их взаимодействия и генерация информации будет происходить на уровне некоторого «фантомного агента», существующего исключительно на стадии проектируемой модели. Создание генерации информации на уровне «фантомного агента» необходимо в случае сохранения конфиденциальности информации каждого из участников процесса.

Разбиение данных на потоковые фрагменты достигается путем хранения данных на клиентских ПК. При этом для пользователя программного продукта будет совсем не важно каким образом распределены данные фактически. Контроль над процессом расследования и принятием управленческих решений по необходимости будет прослеживаться неким экспертным центром в лице высококвалифицированных специалистов в области расследования и экспертизы пожаров, чьи заключения и мнения уже сегодня являются первозначимыми [3].

В результате проведенных исследований была построена схема взаимодействия в процессе расследования пожаров между участниками процесса. Лицо принимающее решение имеет возможность оперативно получать информацию на любом этапе расследования, задействовать максимальное количество участников для максимально быстрого и точного достижения результата.

Для решения проблем, существующих на этапах расследования и экспертизы пожаров, предлагается применение представленной системы взаимодействия органов – участников процесса. Разрабатываемый программный продукт также позволит осуществлять подключение различного рода модулей, осуществляющих информационную, техническую, а самое главное оперативную и дистанционную поддержку лица принимающего решение как непосредственно на месте пожара, так и на рабочем месте с целью недопущения невозвратных потерь информации.

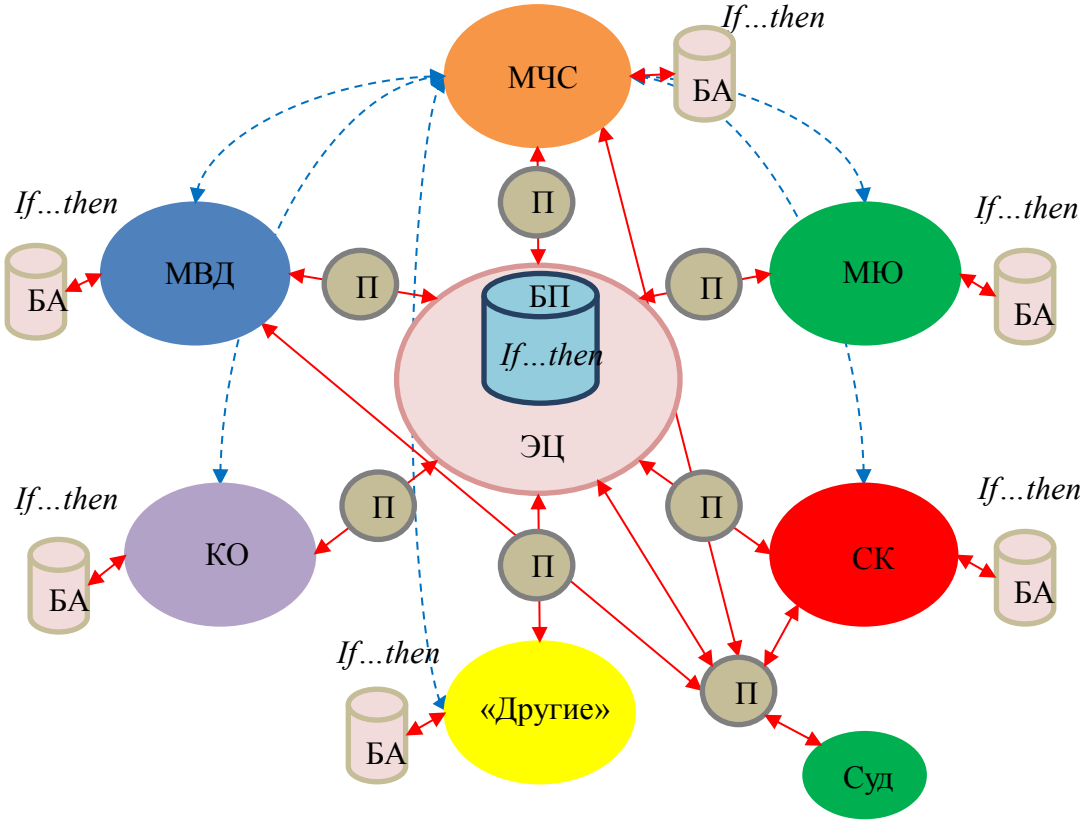


Рис. 1. Схема взаимодействия процесса расследования и экспертизы пожара. БА – база ассоциаций; БП – единая база правил; ЭЦ – экспертный центр; П – органы прокуратуры; СК – следственный комитет; КО – коммерческие организации; МЮ – министерство юстиции; МВД – министерство внутренних дел.

База ассоциаций и база правил будут постоянно пополняться и накапливать «опыт работы». Подключаемые программные модули смогут автоматизировать процессы, требующие больших трудозатрат и осуществить контроль за ведением каждого материала делопроизводства. Внедрение данной системы позволит сделать очередной шаг в развитии управления и поддержки лица принимающего решение в процессе расследования и экспертизы пожаров.

Литература

1. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров / И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.

2. Лобаев, И.А. Расследование и экспертиза пожаров: учеб. пособие / И.А. Лобаев, С.А. Назаров, В.Г. Булгаков и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 291 с.

3. Салионов Д.С. / «Межведомственное взаимодействие в процессе расследования пожаров» / Материалы двадцать шестой международной научно-практической конференции «Системы безопасности –2017»: М. – 2017.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА МОНИТОРИНГА ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ

Астапов Павел Евгеньевич

Предложены принципы проектирования СМОН как сложных информационно-диагностических систем, основанных на строгом логическом структурировании огромных объемов информации по объектам мониторинга.

Ключевые слова: система мониторинга, объекты добычи и транспорта нефти, взрывопожароопасность, пожары и ЧС, пожарная безопасность

DETERMINING THE MONITORING VOLUME FOR MONITORING SYSTEMS OF OBJECTS OF OIL PRODUCTION

Astapov Pavel Yevgenyevich

The principles of SMON design as complex information-diagnostic systems based on strict logical structuring of huge volumes of information on monitoring objects are proposed.

Keywords: monitoring system, oil production and transportation facilities, explosion and fire hazard, fires and emergencies, fire safety

В условиях стремительного развития программно-технических средств, осуществляющих автоматический мониторинг дестабилизирующих факторов природного и техногенного характера, технологий процессов добычи и транспорта нефти, возрастающими требованиями к обеспечению безопасности населения и территорий от ЧС техногенного характера ведется работа по пересмотру технологических и структурных решений по созданию системы мониторинга взрывопожароопасности объектов добычи и транспорта нефти (СМОН) [1].

Современная система мониторинга объектов нефтедобычи (СМОН) состоит из подсистемы мониторинга взрывопожароопасных параметров в автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП) и системы поддержки принятия решений (СППР) [1].

Приоритетным направлением при подготовке специальных технических условий на создание СМОН объектов нефтедобычи является определение объема мониторинга.

Процесс определения объема мониторинга СМОН включает анализ исходных данных (комплекты нормативно-технической и проектной

документации на оборудование объекта) и оценки экспертных групп по объему мониторинга.

1. Анализ исходных данных.

Первоначальным этапом работы с исходными данными является выделение блоков технологической установки (ТУ) или процессов добычи и транспорта нефти в целом с определенным функциональным назначением со специфическими параметрами безопасности.

На следующем этапе, исходя из анализа нормативно-технической документации (НТД), в том числе и декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта, выделяются группы сценариев с наивысшим уровнем опасности и максимальной вероятностью аварийных ситуаций из всех возможных на объекте мониторинга.

2. Экспертные оценки направлений мониторинга.

Экспертные оценки ведущих специалистов по каждому из направлений мониторинга и соответствующей НТД по промышленной безопасности объектов нефтедобычи являются основополагающими при определении перечней, составляющих объем мониторинга:

Составляющие объема мониторинга СМОН	Источники экспертной информации
Перечень возможных опасных ситуаций техногенных характера, подлежащих контролю СМОН	- руководитель проектного отдела ТУ; - НТД
Перечень данных системы противопожарной защиты (ПАЗ) АСУТП установки, отражающих состояние взрывопожаробезопасности и необходимых для контроля СМОН	- подразделения обеспечения пожарной безопасности; - руководитель проектного отдела АСУТП объекта
Перечень сигналов по безопасности и антитеррористической деятельности, передаваемых в СМОН	служба безопасности объекта нефтедобычи
Перечень данных системы связи и управления в кризисных ситуациях (СУКС), передаваемых в СМОН	- подразделения обеспечения пожарной безопасности; - руководитель проектного отдела АСУТП объекта

Для определения объема мониторинга подсистемы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (СМИК) используются, определенные на этом этапе, перечни оборудования, подлежащего непрерывному акустико-эмиссионному контролю и непрерывному вибромониторингу.

Технологическое оборудование установки, в большинстве случаев, имеет в своем составе статическое (резервуары, трубопроводы, реакторы, колонны, сосуды давления, постаменты) и динамическое (машинного)

оборудование (компрессоры, нагнетатели, насосы, воздуходувки). Все эти виды технологического оборудования являются объектами СМОН.

Результатом проведения соответствующих организационно-технических процедур является определение перечней:

опасных техногенных ситуаций, подлежащих контролю СМОН;

сообщений, отражающих взрывопожаробезопасность и контролируемых СМОН;

сообщений по безопасности и противодействию террористической деятельности, передаваемых в СМОН;

сообщений системы связи и управления в кризисных ситуациях, которые должны передаваться в СМОН;

статического и динамического оборудования установки, подлежащих контролю подсистемой СМИК.

Перечень опасных техногенных ситуаций, подлежащих мониторингу СМОН, представляет собой согласованный объем наиболее опасных по последствиям аварийных ситуаций, а также наиболее вероятных сценариев, возможных на технологической установке из всего множества сценариев аварийных ситуаций, приведенных в проектной документации. Затем проводят распределение согласованного объема сценариев аварийных ситуаций по блокам и узлам технологической установки. После этого выполняют наложение сценариев аварийных ситуаций на технологические схемы установки, представленные в проектной документации, с целью идентификации агрегатов, узлов, элементов трубопроводных систем и постаментов, попадающих в зону действия соответствующих сценариев.

Результатом анализа выделенных фрагментов технологических схем установки и описаний соответствующих сценариев аварийных ситуаций определяются:

объем технологических параметров, позволяющих идентифицировать возможность возникновения аварийных ситуаций в выделенном фрагменте технологической схемы;

перечень статического оборудования, входящего в выделенный фрагмент: реакторы, колонны, сосуды давления, элементы трубопроводных систем, постаменты и т. п.;

перечень динамического (машинного) оборудования, входящего в выделенный фрагмент: компрессоры, насосы, воздуходувки и т. п.

В объем технологических параметров, позволяющих идентифицировать возможность возникновения аварийных ситуаций, могут входить [2]:

давление в реакторе, колонне, сепараторе, змеевике печи, трубопроводе, на выходе компрессора и т. п.;

температура в критических точках установки;

уровень продукта в кубе колонны, емкости и т. п.;

довзрывная концентрация газопаровоздушной смеси (ГПВС), газопаровоздушного облака (ГПВО), газопродуктовой смеси и т. п.;

содержание кислорода в дымовых газах на выходе из печи;

расход газа, мазута и т. п.

Все эти параметры, как правило, контролируются ПАЗ АСУТП в установке: сигналы соответствующих датчиков (давления, температуры, загазованности, уровня, расхода, кислорода) передаются из АСУТП в СМОН с целью контроля системы ПАЗ [3].

Следующий этап - определение объема мониторинга инженерных систем и служб, обеспечивающих безопасность эксплуатации технологической установки и интегрированных в СМОН, к которым относятся системы:

безопасности установки, включающая подсистему тревожной сигнализации и видеонаблюдения [4];

противопожарной защиты, включающая подсистемы автоматической и ручной пожарной сигнализации, а также оповещения людей о пожаре. Сюда же входит несколько подсистем: водяного пожаротушения и тепловой защиты; автоматической паровой защиты и пожаротушения; автоматического газового пожаротушения;

связи и управления в кризисных ситуациях, включающая подсистемы оперативной чрезвычайной телефонной связи, радиосвязи служб безопасности предприятия и МЧС.

В результате мониторинга в СМОН формируются сообщения о состоянии перечисленных инженерных систем, обеспечивающих безопасность функционирования технологической установки. Объем типовых сообщений СМОН, согласованный со службами безопасности и пожарной безопасности предприятия, как правило, включает сообщения о нарушениях работоспособности контролируемой подсистемы, авариях, пожарах, несанкционированных проникновениях в зоны и помещения установки, возможных террористических проявлениях.

Предложенная методика формирования объема мониторинга СМОН позволяет с большей эффективностью перейти к проектированию структуры СМОН и в частности одной из ее подсистем – подсистемы мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (СМИК).

Литература

1. П.Е. Астапов, А.В. Федоров, А.Н. Членов, Е.Н. Ломаев, А.Д. Ищенко. Технологические и структурные решения по созданию системы мониторинга взрывопожароопасности объектов добычи и транспорта нефти / Пожаровзрывобезопасность, 2017. № 26 (10). С. 50-60.

2. Ю.И. Стеблев, С.В. Сусарев, Д.Е. Быков. Принципы проектирования автоматизированных систем диагностического мониторинга инженерных сооружений опасных промышленных объектов / Дефектоскопия, 2015 № 4. С. 3-18/.

3. А.В. Фёдоров, А.Н. Членов, А.А. Лукьянченко, Т.А. Буцынская, Ф.В Демёхин. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 160 с.

4. А.Н. Членов, Ф.В. Демёхин, Т.А. Буцынская, И.Г. Дровникова. Новые направления применения видеотехнологий в системах безопасности / Вестник Московского энергетического иститута, 2009. № 3. С. 88-93.

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Добродицкий Никита Александрович, Ягодка Евгений Алексеевич

В работе рассмотрена проблема применения действующих требований пожарной безопасности, предъявляемых к автоматическим установкам пожаротушения, сигнализации и противодымной защиты, возникающая в связи с несоответствием условий применения требований, современному уровню научно-технического и экономического развития государства, а также возможной угрозе при пожаре. Проведен анализ динамики количества требований пожарной безопасности за тридцатилетний период.

Ключевые слова: Пожарный риск, эффективность требований, оценка пожарных рисков, риск-ориентированный подход

HISTORICAL ANALYSIS OF CONDITIONS OF APPLICATION OF SPECIFIC FIRE SAFETY REQUIREMENTS

Dobroditsky Nikita Aleksandrovich, Yagodka Yevgeny Alekseyevich

The article deals with the problem of applying current fire safety requirements for automatic fire extinguishing systems, alarms and smoke protection arising from inadequate conditions of application of requirements, current level of scientific, technical and economic development of the state, as well as a possible threat in the fire. The dynamics of the number of fire safety requirements for a thirty-year period has been analyzed.

Keywords: Fire risk, efficiency requirements, fire risk assessment, risk-oriented approach.

Одним из приоритетных направлений деятельности в области пожарной безопасности является актуализации нормативных требований пожарной безопасности. Значимость данной проблемы настолько высока, что

потребовалось ее включение в программу государственного развития в области пожарной безопасности до 2030 года [1].

Необходимость проведения работы по актуализации требований пожарной безопасности также закреплена в Концепции совершенствования деятельности надзорных органов МЧС России [2] и Паспорте приоритетного проекта «Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности» [3].

Повышение внимания к качеству нормативных требований пожарной безопасности обусловлено тем, что по итогам анализа применения действующих типовых требований, проведенного Министерством экономического развития РФ, затраты на обеспечение пожарной безопасности в 4-5 раз превышают вред от самого пожара, что препятствует развитию экономики [4]. А по результатам опроса представителей среднего и малого бизнеса, проведенного специалистами НИУ ВШЭ в 2014 году [5], необходимость соблюдения таких требований пожарной безопасности является основной проблемой на пути развития бизнеса.

Необходимо отметить, что проблема качества нормативных требований: не соответствие уровню научно-технического и экономического развития государства, законодательству, регулирующему общественные отношения, степени риска причинения вреда при пожаре, и необходимость ее решения были обозначены еще в 1990 году на всесоюзной научно-практической конференции «Совершенствование деятельности органов государственного пожарного надзора», проведенной на базе ВИПТШ МВД СССР (ныне Академия ГПС МЧС России) с участием ГУПО МВД СССР, ВНИИПО МВД СССР, ВИПТШ МВД СССР, начальников республиканских, краевых и областных управлений пожарной охраны и их заместителей по профилактической работе. Однако, несмотря на сформулированные по результатам конференции задачи, эта проблема до сих пор не решена [6].

Более того, применение типовых требований пожарной безопасности затрудняет реализацию риск-ориентированной модели контрольно-надзорной деятельности, предполагающую применение мер пожарной безопасности адекватных складывающимся рискам при пожаре.

Проблема заключается в том, что условия применения действующих требований пожарной безопасности не позволяют определить область их действия (защита людей, имущества, окружающей среды) и адекватность возможной угрозе при пожаре [6-8].

В целях исследования проблемы области эффективного применения требований пожарной безопасности возможной угрозе при пожаре проведен исторический (ретроспективный) анализ разработки и дальнейшего развития отдельных требований пожарной безопасности.

Объектом анализа является система нормативных документов в области пожарной безопасности за период с 1854 по н.в. Предметом анализа являются условия применения требований пожарной безопасности, предъявляемых к автоматическим установкам пожаротушения, сигнализации и противодымной вентиляции, и динамика количества таких требований. Интерес к этим установкам обусловлен тем, что они применяются в качестве средств обеспечения безопасности людей как при разработке типовых систем обеспечения пожарной безопасности, так и расчетно-обоснованных (ст. 6 [9]).

Анализ истории развития нормирования в области пожарной безопасности показывает, что впервые нормативные требования к автоматическим системам пожаротушения появились в 1959 году в СН 75-59 «Нормы и технические условия проектирования спринклерных и дренчерных установок», сигнализации в 1984 году в СНиП 2.04.09-84 «Пожарная автоматика зданий и сооружений», а к системам противодымной защиты в 1986 году в СНиП 2.04.05-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Анализ вышеприведенных нормативных документов показал, что необходимость устройства автоматических установок пожаротушения в 1959 году зависела от функионального назначения здания, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, площади, высоты и объёма помещения. В свою очередь системы сигнализации в 1984 году в обязтельном порядке применялись в зависимости от функионального назначения, площади, высоты и объёма помещения. Устройство системы противодымной защиты в 1986 году зависело от высоты и площади здания, длины коридоров, фуниональног назначения и категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

В действующих нормативных документах необходимость устройства вышеперечисленных систем зависит от тех же условий, несмотря на то, что в 1991 году был принят ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», содержащий расчетную методику оценки пожарных рисков, с учетом которой должны были разрабатываться новые требования пожарной безопасности и применяться действующие на всех стадиях жизненного цикла зданий и сооружений (см. преамбулу ГОСТа). Исследования показали, что условия применения требований не были скорректированы с учетом методики ГОСТ 12.1.004-91, в результате чего их выполнение либо не обеспечивает безопасности людей, либо является избыточным [6-8].

Еще одной проблемой применения типовых требований пожарной безопасности является их большой объем, постоянное увеличение которого приводит к снижению качества не только контрольно-надзорной

деятельности, но и деятельности по обеспечению пожарной безопасности вцелом. Надежность работы специалистов с нормативной базой, по мере увеличения общего количества требований, ежегодно снижается: с 0,16-0,2 в 1994 году, до 0,04 в 2013 году, т.е. растет количество пропусков и ошибок допускаемых в ходе проектирования, экспертизы, государственного строительного и пожарного надзоров [6]. На рисунках 1-3 представлены результаты анализа динамики количества требований пожарной безопасности, предъявляемых к автоматическим установкам пожаротушения, системам сигнализации и противодымной защиты, включенных в ранее принятые нормативные документы и действующие на сегодняшний день.

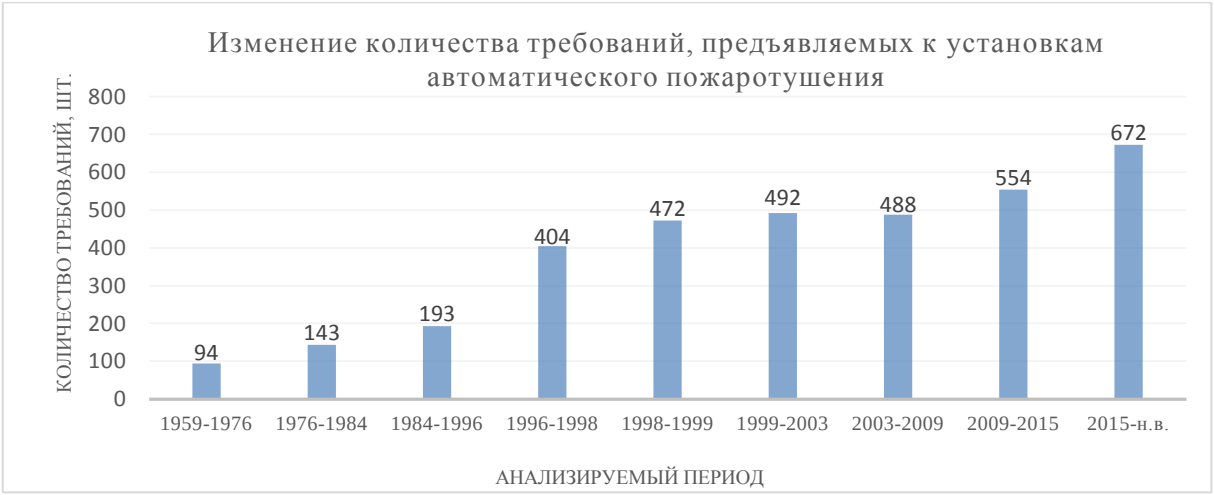


Рис. 1. Изменение количества требований, предъявляемых к установкам автоматического пожаротушения

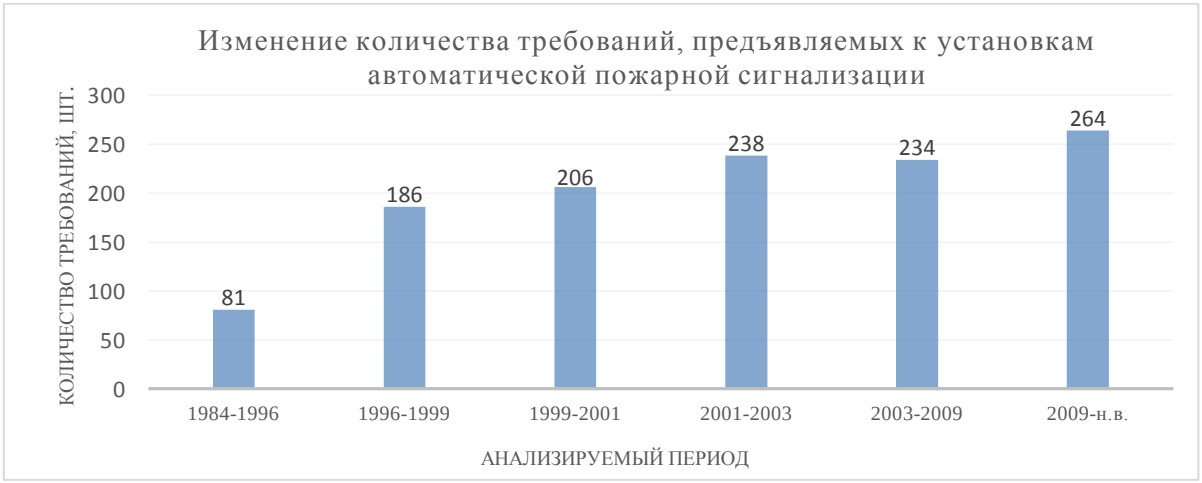


Рис. 2. Изменение количества требований, предъявляемых к установкам автоматической пожарной сигнализации

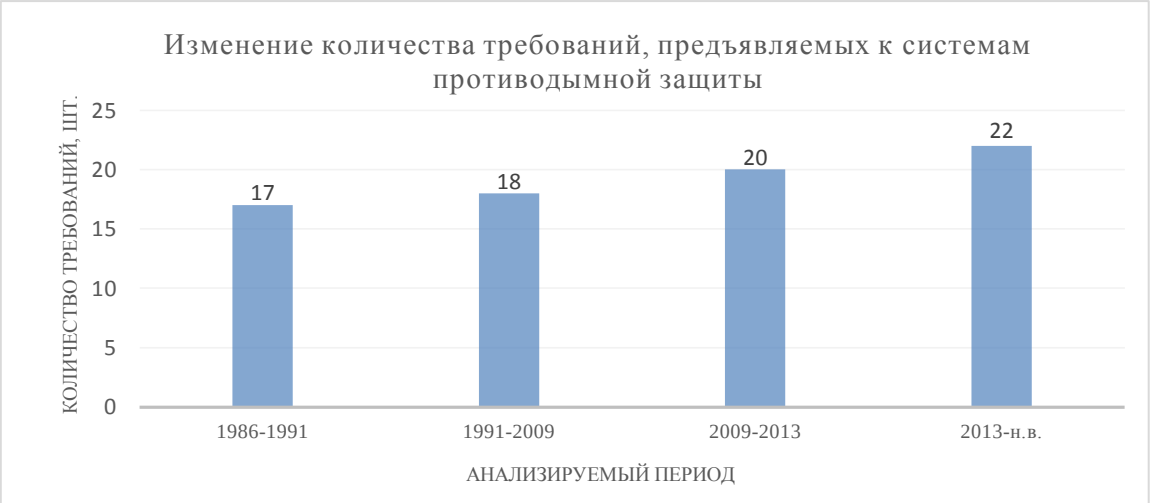


Рис. 3. Изменение количества требований, предъявляемых к системам противодымной защиты

Анализ показал, что каждый раз с принятием нового нормативного документа количество требований увеличивалось. За период в 30 лет количество требований, предъявляемых к установкам пожротушения увеличилось более чем в 4 раза, а установкам пожарной сигнализации почти в 3 раза. При этом, в ходе анализа не учитывались нормативные документы, содержащие требования к отдельных элементам этих установок, которые также содержат значительное количество требований и должны учитываться в деятельности по обеспечению пожарной безопасности.

Результаты проведенного исследования подтвердили необходимость актуализации требований пожарной безопасности с учетом уровня научно-технического и экономического развития государства, законодательства, регулирующему общественные отношения, и степени риска причинения вреда.

Литература

1. «Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года», утверждены Указом Президента РФ от 01.01.2018 г. № 2;

2. «Концепция основных направлений совершенствования деятельности надзорных органов МЧС России», утверждена Решением Коллегии МЧС России от 18.02.2015 г. № 4/II.

3. Паспорт приоритетного проекта «Совершенствование функции государственного надзора МЧС России в рамках реализации приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности», утвержден протоколом заседания проектного комитета от 21 февраля 2017 г. № 13(2).

4. Контрольно-надзорная деятельность в Российской Федерации: Аналитический доклад-2014. М.: МАКС Пресс, 2015. 120 с. 2.

5. Плаксин С.М., Семенов С.В. Количественный анализ деятельности надзорных органов в Российской Федерации в 2011-2014 гг. // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2015. – № 3. С. 121-144.

6. Козлачков В.И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ. – М.; Академия ГПС МЧС России, 2016. Деп. в ВИНИТИ РАН 10.02.2016 № 31-В2016.

7. Козлачков В.И., Лобаев И.А., Ягодка Е.А., Добродицкий Н.А. К проблеме применения требований, содержащихся в нормативных документах по пожарной безопасности // Материалы VI-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 358-361.

8. Козлачков В.И., Лобаев И.А., Ягодка Е.А., Добродицкий Н.А. К проблеме идентификации обязательных требований пожарной безопасности // Материалы 26-й международной научно-технической конференции «Системы безопасности - 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 381-384.

9. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОТРАБОТКЕ УПРАЖНЕНИЙ С ШТУРМОВОЙ ПОЖАРНОЙ ЛЕСТНИЦЕЙ

Габдуллин Владислав Булатович, Коршунов Игорь Васильевич, Смагин Александр Владимирович, Серов Петр Петрович

Предлагаются: особенности организации учебного процесса при отработке упражнений с ручными пожарными лестницами в условиях, максимально приближённых к настоящим.

Ключевые слова: Ключевые слова: штурмовая лестница, оконный проем.

MODERN REPRESENTATIONS ABOUT PROCESSING EXERCISES WITH SCALING-LADDER

Gabdullin Vladislav Bulatovich, Korshunov Igor Vasilyevich, Smagin Aleksandr Vladimirovich, Serov Petr Petrovich

It is proposed: the features of the organization of the educational process when practicing exercises with manual fire ladders in conditions as close as possible to the present.

Keywords: Keywords: scaling-ladder, window.

Трудно себе представить современное пожарно-спасательное подразделение без ручных пожарных лестниц, к которым относят выдвижную пожарную лестницу (ВПЛ), штурмовую пожарную лестницу (ЛШ) и лестницу-палку. Профессиональной подготовке пожарных, а в частности, усвоению знаний, умений и навыков при работе с ручными пожарными лестницами во время учебных занятий во все времена уделялось значительное внимание. Существующие нормативы по пожарно-строевой подготовке № 5.6-5.8 [1] имеют своей целью довести имеющееся мастерство пожарного практически до совершенства. К сожалению, во время настоящего пожара применить любую лестницу так, как учили пожарного во время занятий на учебной башне, увы, не получится из-за целого ряда существующих нюансов.

В этой статье пойдёт речь об особенностях организации учебного процесса при отработке упражнений с ручными пожарными лестницами в условиях, максимально приближённых к настоящим, что и является целью этой работы.

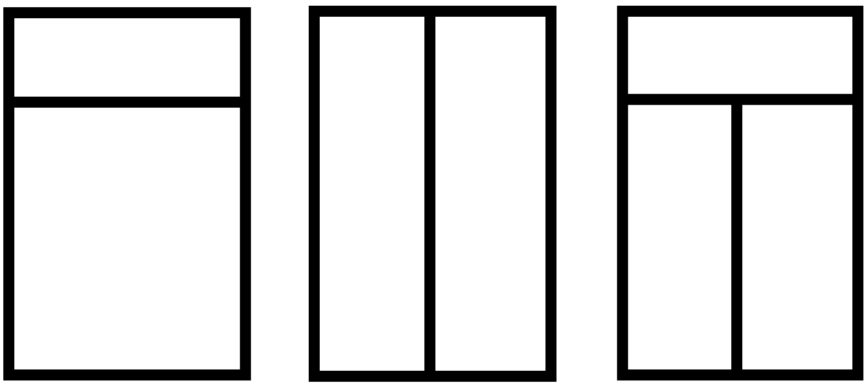
Какие факторы влияют на скорость подъёма пожарного, например, в окно на третьем этаже здания с помощью ЛШ или ВПЛ:

1. геометрия рамы в окне и свойства остекления;

2. способ, скорость и вид инструмента, с помощью которых будет разбито (вскрыто) остекление;

3. количество, форма и расположение осколков стекла в раме и на подоконнике.

Разберём эти факторы несколько подробнее.



а) б) в)

Рис.1. Виды типичных оконных рам
а) – с горизонтальным переплётом; б) – с вертикальным переплётом;
в) – с переплётом «Т-образной» формы

Геометрия рамы. В жизни оконные рамы встречаются самых разных форм и размеров, которые играют немаловажную роль в возможности ис-

пользования этой рамы для подъёма на высоту с помощью лестниц. Если не брать во внимание специфические конструкции оконных рам, то среди них можно выделить несколько стандартных видов, которые представлены на рисунке 1.

Очевидно, что удобной для подъёма по лестнице будет та рама, ширина которой позволит беспрепятственно сесть на подоконник пожарному и разместить на нём же надлежащим способом лестницу. Следовательно, наихудшим вариантом оконной рамы для пожарного будет рама в) (см. рис. 1). Также здесь же необходимо сказать несколько слов о подоконнике. Ключевым размером подоконника является его ширина (глубина). Например, ширина подоконника в окне учебной башни 38-40 см [2] – это та, так называемая, комфортная ширина, которая позволяет пожарному сесть на него должным образом, зацепиться голенью левой ноги за подоконник и более равномерно распределить центр тяжести своего тела для дальнейшего выброса на вышележащий этаж штурмовую пожарную лестницу. Нетрудно понять то, что если ширина подоконника окажется шире или уже, чем указано выше, то пожарному будет значительно труднее принять удобное положение сидя на подоконнике.

Остекление. Остекление также бывает весьма разнообразным. Во-первых, это обычные деревянные рамы с одинарным остеклением, отличающееся только толщиной стекла, но, как правило, это стёкла толщиной 3-4 мм. Во-вторых, это стеклопакеты в ПВХ окнах, которые уже могут быть двух или трёх камерными с той же толщиной каждого стекла.

Вскрытие остекления. Способам разбивания стекол с помощью ЛШ посвящено несколько работ [3, 4]. Также разбить стекло пожарный может с помощью различного инструмента. Очевидно, что разбить стекло в деревянной раме легче, нежели стеклопакет ПВХ рамы. Более того, пожарному может понадобиться несколько ударов для разрушения стекла. Также важную роль играет момент разрушения стекла, а именно: понять, как (траектория падения) и куда (внутрь или наружу здания) оно упадёт очень трудно и, главное, небезопасно.

Остатки остекления в раме. Если рама деревянная, то освободить её от осколков стекла достаточно просто. Но если это стеклопакет, то на удаление осколков может понадобиться время и усилия.

С целью изучения проблем применения ручных пожарных лестниц на практике профессорско-преподавательским составом кафедры пожарно-строевой и газодымозащитной подготовки (в составе учебно-научного комплекса пожаротушения) Академии ГПС МЧС России были изготовлены две оконные рамы из ПВХ профиля с различным размещением переплётов. Виды изготовленных рам и способ их размещения показан на рисунке 2.



Рис. 2. Виды и способ размещения оконных рам в учебной башне

Важно отметить, что изготовленные рамы в окнах учебной башни размещены с определённым замыслом. Рама, стоящая в окне третьего этажа учебной башни (вертикальный переплёт, см. рис. 1 б)), больше предназначена для отработки способов подъёма и спуска по ВПЛ, а рама, установленная в окне второго этажа учебной башни (горизонтальный переплёт, см. рис. 1 а)) – для отработки упражнений с ЛШ.

Результаты выполнения упражнений по подъёму и спуску с помощью ВПЛ в третий этаж учебной башни, в окне которой установлена ПВХ рама (вертикальный переплёт, см. рис. 1 б)).

При подъёме или спуске из третьего этажа учебной башни основной трудностью для пожарного является момент перехода через раму. Чтобы попасть на ВПЛ при спуске или перейти с ВПЛ на подоконник при подъёме, пожарный вынужден частично выносить корпус своего тела наружу от башни. Всё это говорит о том, что центр тяжести человека выходит за габариты башни и при определённых обстоятельствах увеличивается риск травматизма пожарного. Время выполнения упражнения по подъёму и спуску с помощью ВПЛ в таких условиях увеличивается.

Результаты выполнения упражнений по подъёму (и спуску) с помощью ЛШ в четвёртый этаж учебной башни, в окнах которой установлены ПВХ рамы.



Рис. 3. Этапы работы с штурмовой пожарной лестницей в окне второго этажа учебной башни

Ключевыми проблемами для пожарного при выполнении такого упражнения в обозначенных выше условиях являются: сед на подоконник, выброс ЛШ и её подвеска на вышележащий этаж.

При усаживании на подоконник учебной башни, в окне которой установлена рама (профиль Г-образного сечения), пожарные во всех случаях испытывали дискомфорт и тратили время на поиск приемлемого комфортного положения для дальнейшего выполнения упражнения. Сделать выброс лестницы на вышележащий этаж из положения стоя на подоконнике невозможно, т.к. пожарному не видно проёма вышележащего окна. Попытка выброса и подвешивания лестницы из положения стоя на подоконнике с высокой вероятностью ведёт к падению пожарного с высоты.

Выброс ЛШ сидя на подоконнике второго этажа учебной башни. Выполнить этот фрагмент упражнения так, как обычно обучают на занятиях невозможно из-за мешающего горизонтального переплёта рамы: крюк лестницы ударяется о горизонтальный переплёт и пожарный вынужден разворачивать крюк лестницы не над головой, а перед своим лицом: амплитуда вращения и центр тяжести лестницы значительно изменяются. Время выполнения этого фрагмента упражнения увеличивается.

Подвеска ЛШ в окно третьего этажа учебной башни, сидя на подоконнике второго этажа. Выполнить этот фрагмент упражнения обычным общепринятым способом также не получится из-за мешающего вертикального переплёта оконной рамы. Более того, пожарный также вынужден изменять амплитуду вращения и смещать центр тяжести лестницы наружу с целью проноса крюка лестницы мимо переплёта. Чтобы хоть как-то подвесить лестницу пожарные действовали на грани своих возможностей, а вероятность потери равновесия ЛШ очень высока, что может привести к травматизму пожарного и падению лестницы.

Выброс ЛШ сидя на подоконнике третьего этажа учебной башни.



Рис. 4. Этапы работы с штурмовой пожарной лестницей
в окне третьего этажа учебной башни

Выполняя это фрагмент упражнения, пожарные испытывали огромные трудности из-за наличия вертикального переплёта рамы, который мешал развернуть лестницу, как необходимо, на 90^0. В этом случае также приходилось смещать центр тяжести ЛШ наружу, что в ряде ситуаций травмоопасно и может приводить к падению лестницы.

Подводя итог проделанной работы, необходимо признать, что описанная в этой статье специальная подготовка необходима и оправдана. Упражнения с ручными пожарными лестницами, отрабатываемые в рамках занятий по пожарно-строевой подготовке, редко применяются на практике в том виде, в каком это принято преподавать на занятиях. Принимающие в экспериментах пожарные испытывали огромный интерес к выполняемой работе и удовлетворение по её завершению. Внедрение подобной практики в учебный процесс позволяет обучаемому научиться использовать ручные пожарные лестницы в условиях, максимально приближённых к настоящим, появляется смысл, а в месте с этим, интерес, уважение и понимание значимости имеющегося на вооружении оборудования.

Литература

1. Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы.

2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014 г. N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».

3. Темнов А. Без права на ошибку / Пожарное дело, № 1, 2016 г. с. 40-42.

4. Варушкин Е.В. Освобождение оконных проёмов от стеклопакетов при помощи лестницы штурмовки / Материалы межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы профессиональной подготовки пожарных и спасателей». – Иваново, ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017. С. 94-95.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ВОПРОСАХ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ

Тетерин Денис Андреевич, Хабибулин Ренат Шамильевич

Рассматривается проблема принятия управленческих решения на нефтегазовых объектах, предлагается применить искусственные нейронные сети для усовершенствования управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, управленческие решения, пожарная безопасность, нефтегазовые объекты.

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE QUESTIONS OF FIRE SAFETY MANAGEMENT AT OIL AND GAS OBJECTS

Teterin Denis Andreyevich, Khabibulin Renat Shamilyevich

The problem of making managerial decisions at oil and gas facilities is considered, and it is proposed to use artificial neural networks to manage fire safety in oil and gas facilities.

Keywords: artificial neural networks, management solutions, fire safety, oil and gas facilities.

Нефтегазовая сфера Российской Федерации считается одним из наиболее важных отраслей экономики страны. В состав этой системы входят нефтедобывающие предприятия, нефтеперерабатывающие заводы, предприятия по транспортировке и сбыту нефти и нефтепродуктов. По состоянию на 29 декабря 2016 года 80 нефтеперерабатывающих заводов. Из них введёнными в эксплуатацию считаются 38, вместе со строящимися и реконструируемыми — 45 (мощность от 1 млн.т/год), мини-нефтеперерабатывающие заводы и заводы по производству масел. Протяженность магистральных нефтепроводов составляет около 50 тыс. км и нефтепродуктопроводов – 19,3 тыс. км. В 2015 году добычу нефти осуществляла 301 организация [1]. Поэтому обеспечение пожарной безопасности такого сложного образования требует тщательного подхода. Добыча нефти и газа в нашей стране растет с каждым годом, отрасль обеспечивает значимую часть дохода в ВВП России. Задача поддержание ее безопасности на высоком уровне – одна из главных задач государства.

По состоянию на 23 октября 2017 года на объектах газо- нефтепереработки произошло 40 аварий. Количество ЧС по сравнению с аналогичным периодом 2016 года увеличилось на 26 (65 %) [2].

Пожары в нефтегазовом секторе причиняют весомые экологические потери, взаимосвязанный с загрязнение окружающего мир большим количеством токсичных продуктов горения, огнетушащих средств и мощного теплового излучения.

Данный анализ говорит о том, что качественное проектирование конструкторский решений объекта является весомым элементом обеспечения промышленной безопасности. Что говорит нам о необходимости качественного применения автоматизированных систем принятий управленческих решений при обеспечении пожарной безопасности нефтегазового комплекса.

Рассматривая существующие программные продукты расчёта пожарных рисков, с точки зрения применения современных инструментов поддержки принятия решения, можно сделать вывод, что такие важные функции, как база данных нормативных документов (42,9 %); база данных по статистическим данным (42,9 %); геоинформационные сервисы (28,6 %), используются менее чем в половине рассмотренных систем, а базы данных по принимаемым решениям и интеллектуальные модели поддержки принятия решений практически отсутствуют [3].

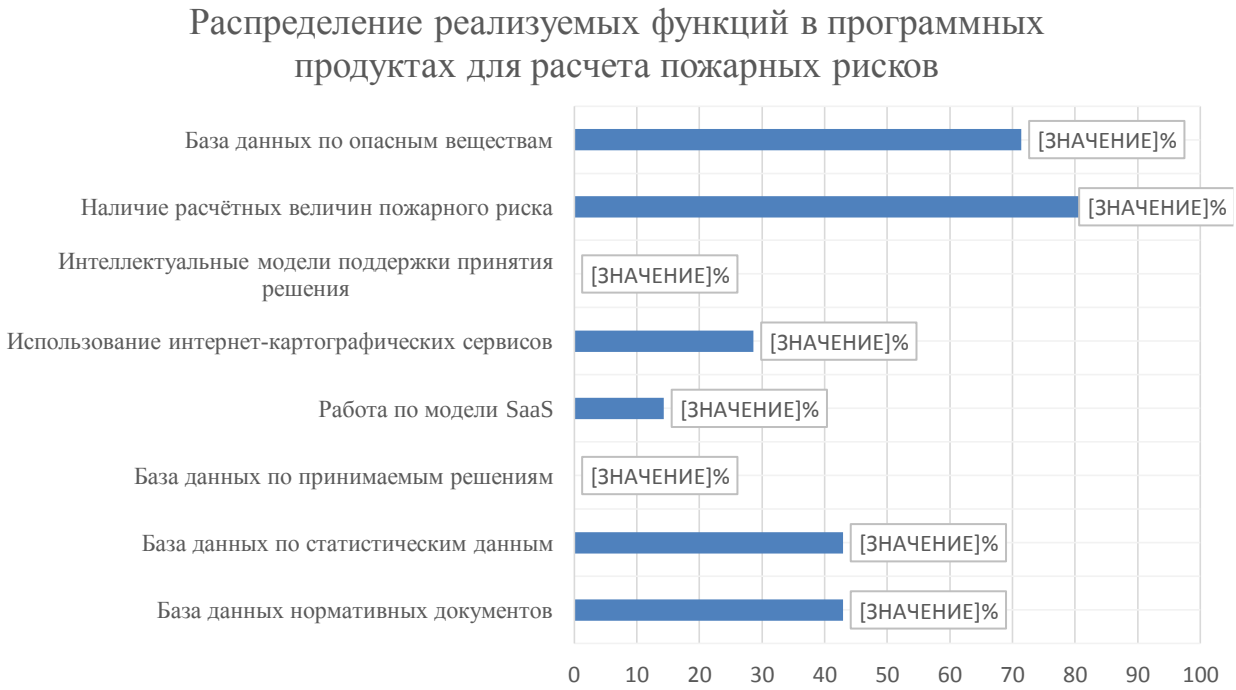


Рис. 1.1. Распределение реализуемых функций в программных продуктах для расчета пожарных рисков

С учётом данного анализа выявлены требования, которыми должны обладать системы поддержки принятия решений на нефтегазовых объектах [4, 5, 6]:

- содержать в своем составе постоянно наполняемую базу данных со статистической информацией об отказах технологического оборудования, химическому составу типовых пожароопасных веществ, а также включать деревья развития пожароопасных ситуаций при отказе технологического оборудования и мероприятий, направленных на снижение пожарной опасности объекта, доступную также для пополнения пользователями, с дальнейшей верификацией этой информацией экспертами;

- быть выполненной в веб-ориентированном виде, с использованием облачных технологий, что позволит пользователям иметь удаленный доступ к программе и единой базе данных через информационно-коммуникационную сеть Интернет.

- использовать интеллектуальные методы и алгоритмы, направленные на анализ пожарной опасности нефтегазовых объектов и поддержку принятия управленческих решений для управления пожарной безопасностью на их территориях;

- иметь в своем составе современные интернет-картографические модули, позволяющий рассматривать производственную и селитебную зоны в интерактивном виде.

В результате рассмотрения существующих современных информационных систем поддержки принятия решений, нацеленных на управление пожарной безопасностью, было выявлено, что функции поддержки принятия управленческих решений практически отсутствуют. Это подтверждает необходимость создания модели искусственной нейронной сети для управления пожарной безопасностью на нефтегазовых объектах. Данная технология показывает наивысшие результаты во многих сферах жизни.

Предлагаю погрузиться в само понятие нейронной сети. Нейронная сеть — это цепочка нейронов, взаимосвязанных между собой синапсами. Структура нейронной сети пришла в область информационных технологий из области биологических наук. Основываясь на такой структуре, компьютер приобретает возможность проводить анализ и даже запоминать информацию. Также нейронные сети способны не только проводить анализ полученной информации, но и воспроизводить ее из своей памяти. Иными словами, нейронная сеть - это технический аналог человеческого мозга. Данная технология используются для решения задач повышенной сложности, которые требуют аналитических вычислений, почти таких же, как делает мозг человека.

Самыми популярными способами применениями моделей нейротехнологий является:

- Классификация;
- Предсказание;
- Распознавание.

При решении задач в области управления, с которыми сложно справиться человеку, появляется необходимость в создании и использовании технологий искусственного интеллекта для принятия управленческих решений, т. е. взаимосвязанных интеллектуальных систем управления, основанных на нейронных сетях. Формирование данных систем стало доступным благодаря эволюции интеллектуального управления, базирующемся на разработках в области искусственного интеллекта. Эта модель может обеспечивать самостоятельность системы при анализе оценки задачи и принятия правильного решения, индивидуальность в выводах, способность интерпретировать входящий запрос в соответствии с встроенной базой знания, возможность в короткий промежуток времени составить ответ. Одним из основных свойств интеллектуальности принято считать умение решать поставленные задачи, которых нет в итоговом варианте в базе данных системы. В данном свойстве выражается умение системы мыслить. Это свойство проявляется как возможность системы проводить анализ и выдавать актуальные интеллектуальные данные, которых нет в чистом виде в системе, т.е. интеллектуальная система является своего рода генератором новых решений и положительных путей развития событий.

Существует тройка основных задач, которые возникают перед теорией искусственного интеллекта.

1) Научное толкование и разъяснение интеллектуального мыслительного процесса человека. Из это вытекает необходимый анализ способности наделения компьютера мыслительными функциями;

2) Изучение вариантности и структуры осуществления различных функций мозга, и, соответственно, построение алгоритмов этих функций;

3) Решение важных задач, с которыми человеку помогает справиться компьютерная техника.

Данную технологию можно применить для обеспечения управления пожарной безопасностью в нефтегазовой отрасли. Система будет нацелена на управление пожарным риском на объекте защиты, что в свою очередь позволит управлять безопасностью нефтегазового комплекса. Показатель пожарного риска, как и величина любого риска, является чётким числом, распределённым на отрезке [0, 1]. Состояние объекта, можно определить по следующим значениям, которые расположены на заданном промежутке:

- «отсутствие риска»;
- «умеренный риск»;
- «стадия, предшествующая возникновению риска»;
- «критическая ситуация».

Данные значения являются выходными данными из искусственной нейронной сети, которая определит какой стадии риска подвержен объект, чтобы прогнозировать дальнейшие пути работы со сложной системой нефтегазового комплекса.

Наличие системы управления на основе искусственного интеллекта позволит уменьшить риск возникновения чрезвычайной ситуации на объекте нефтегазовой сферы, что повлияет на экономику нашей страны.

Литература

1. Хасан М.А., Самсонова В.А., Хуснияров М.Х. Определение факторов оценки соответствия предприятий нефтепродуктообеспечения требованиям промышленной безопасности. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 1.

2. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору / Информация по аварийности по состоянию на 23 октября 2017 года на опасных производственных объектах сетей газораспределения и газопотребления

3. Гудин С.В., Хабибулин Р.Ш., Рубцов Д.Н. / Проблемы управления пожарными рисками на территории объектов нефтепереработки с использованием современных программных продуктов / Пожаровзрывобезопасность -2015

4. Гудин, С.В. Проблемы управления пожарными рисками на территории объектов нефтепереработки с использованием современных программных продуктов [Текст] / С.В. Гудин, Р.Ш. Хабибулин, Д.Н. Рубцов // Пожаровзрывобезопасность. –2015. –№ 12 (24). –С. 40-45.

5. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС РФ от 10.07.2012 г. № 404.

6. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Текст]: ГОСТ 12.3.047.2012. – Взамен ГОСТ Р 12.3.047-98; введ. 2012–12–27. – М.: Стандартинформ, 2014.

ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ДВУСТЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Голованов Алексей Анатольевич, Сухов Олег Михайлович, Марков Александр Георгиевич

В статье предлагается использование подземных двустенных полимерных резервуаров для хранения светлых нефтепродуктов. Отражены преимущества и недостатки применения таких резервуаров, а также представлены способы защиты от проявлений статического электричества.

Ключевые слова: подземные двустенные полимерные резервуары, система электростатической искробезопасности.

PROTECTION AGAINST STATIC ELECTRICITY OF UNDERGROUND DOUBLE-WALLED POLYMERIC TANKS FOR STORAGE OF LIGHT OIL PRODUCTS

Golovanov Aleksey Anatolyevich, Sukhov Oleg Mikhaylovich, Markov Aleksandr Georgiyevich

The article suggests the use of underground double-walled polymeric tanks for storage of light oil products. The advantages and disadvantages of using such tanks are reflected, as well as ways to protect against manifestations of static electricity.

Keywords: underground double-walled polymer tanks, electrostatic intrinsic safety system.

В настоящее время для хранения горюче-смазочных материалов в больших объемах используются в основном резервуары из стали. Это связано, в том числе, с невозможностью применения для этих целей композитных и полимерных конструкционных материалов из-за повышения опасности возникновения разрядов статического электричества (СЭ). В «Техническом регламентом о требованиях пожарной безопасности» [1] существует требование по исключению источников зажигания в горючей или взрывоопасной среде, к числу которых источников зажигания относятся и разряды СЭ.

В тоже время использование диэлектрических (полимерных, композитных) конструкционных материалов для резервуаров может быть перспективно, в следствии снятия необходимости обеспечения их антикоррозионной защитой, требуемой для емкостей из стали, а так же решения вопроса с образованием пирофорных отложений [2].

Следует заметить, что существует практика эксплуатации подземных одностенных полимерных резервуаров для дизельного топлива [3]. Защита от разрядов СЭ обеспечивается посредством заземления через контакт внешней стенки резервуара с грунтом. Но этот опыт не применим для подземных двустенных полимерных резервуаров (далее ПДПР), по причине не возможности заземления внутренней диэлектрической стенки. Необходимость использования двустенных резервуаров для нефтепродуктов определяется требованием контроля герметичности емкости (её межстенного пространства) [4], и внешний сосуд – это так же аварийный резервуар для обеспечения пожарной, промышленной и экологической безопасности.

Применение нового способа защиты ПДПР для нефтепродуктов от СЭ [5] с учетов основ системы электростатической искробезопасности

(ЭСИБ) посредством наложения токопроводящих ячеистых покрытий (рисунок 1) может позволить получить экономический эффект за счет снижения стоимости емкостей и увеличения срока их эксплуатации.

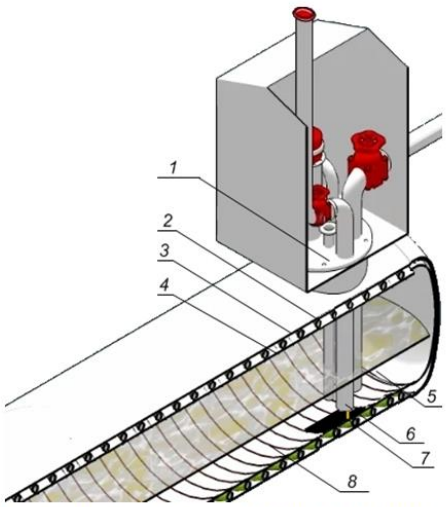


Рисунок 1 - Двустенный резервуар для подземного хранения светлых нефтепродуктов
1 - технический отсек; *2* – упорная труба, предотвращающая складывание внешней и внутренней части резервуара; *3* - внешняя диэлектрическая стенка; 4 –внутренняя диэлектрическая стенка; 5 – проводящее покрытие на внутренней стенки; 6 - трубопровод подачи; 7 – проводящая перемычка, между трубопроводом и металлическую пластиной; *8* – металлическая проволока, интегрированная во внутреннюю стенку

Новый способ защиты полимерных резервуаров посредством нанесения на внутреннюю стенку спиральным заземленного контура основан на обобщенной модели расчета характеристического размера P поверхности, ограниченной токопроводящим периметром ячейки полученного защитного контура [6]

$$P \le a\sqrt{\frac{V_t}{j\rho_s}}, \qquad (1)$$

где a — коэффициент, учитывающий форму свободной поверхности ячейки; при ячейках круглой формы $a = 4$, при ячейках в виде параллельных полос $a = 2\sqrt{2}$, при ячейках другой формы в площадь их свободной поверхности должен вписываться круг, диаметр которого определяется при $a = 2\sqrt{2}$; V_t — нормируемый потенциал поверхности, В; j — плотность тока электризации, А/м^2; ρ_s — удельное поверхностное сопротивление, Ом.

Особенностью способа является применение показателя удельного поверхностного сопротивления (ρ_s, Ом), который входит в номенклатуру стандартных показателей электростатических свойств веществ, материалов и изделий [7].

Согласно [8], измерения поверхностного сопротивления конструкционных материалов проводятся в среде воздуха, однако, потенциал наэлектризованной поверхности в жидкости зависит от удельного поверхностного со-

противления в среде жидкости, поэтому для проведения исследований по измерению удельного поверхностного сопротивления границ «полиэтилен ПЭ100 – СНП» необходим экспериментальный стенд (рисунок 2) позволяющий проводить измерения при погружении поверхности в СНП.

Удельное поверхностное сопротивление ρ_s (Ом) согласно [8] рассчитывалось по формуле:

$$\rho_s = R\frac{p}{g}, \qquad (2)$$

где R – поверхностное сопротивление, Ом; p – эффективный периметр защищенного электрода, мм; g – ширина зазора между электродами, мм.

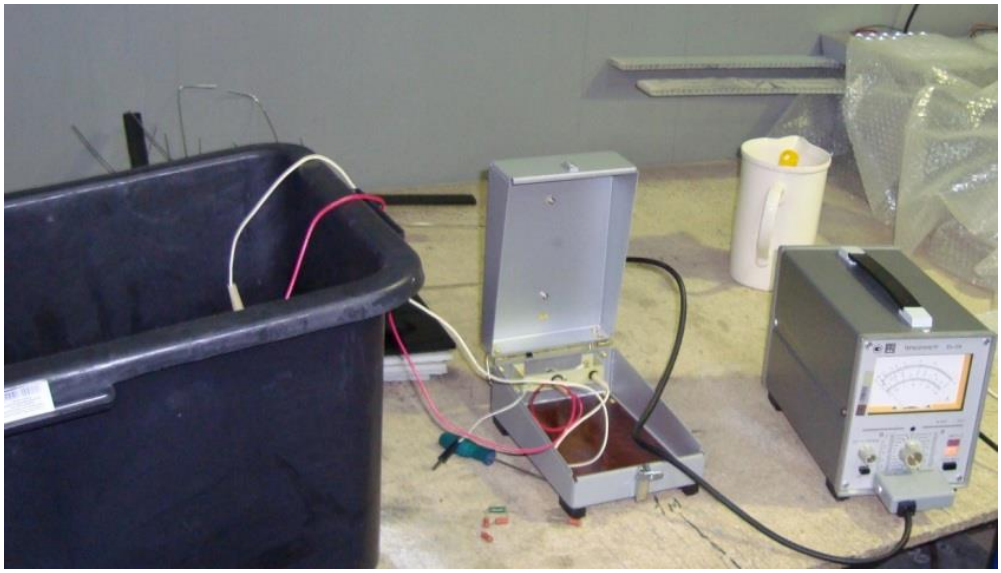
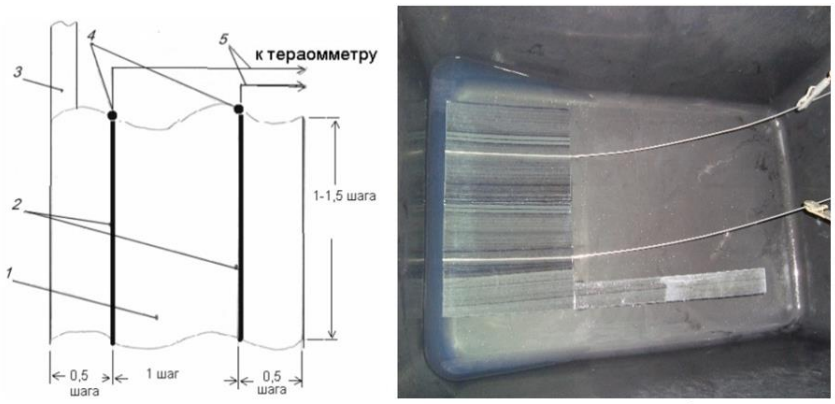


Рис. 2. Измерительное устройство удельного поверхностного сопротивления границ «полиэтилен ПЭ100 – СНП»

Выполнены измерения (рисунок 2) поверхностного сопротивления (R, Ом) между погружёнными в нефтепродукт электродами образцов, моделирующих участок поверхности, вырезанный из стенки полимерного резервуара (рисунок 3).

В результате экспериментальных измерений, определены значения удельного сопротивления поверхности: разграничивающей «полиэтилен ПЭ100 – бензин АИ–95», равным $\rho_{sАИ-95} = 1{,}2\cdot10^{12}$ Ом; на границе «поли-этилен ПЭ100– дизельное топливо», равным $\rho_{s\,ДТ} = 6{,}5\cdot10^{10}$ Ом.

С помощью измеренного значения $\rho_{s\,ДТ} = 6{,}5\cdot10^{10}$ Ом, нормативного значения V_m = 300 В, и значение j = 1 мкА/м^2 по формуле (1), было получено необходимое расстояние между витками защитного контура внутренней стенки резервуара для дизельного топлива - L = 192 мм.



а) *б)*

Рисунок 3 – Устройство для измерения удельного поверхностного сопротивления: *а)* принципиальная схема; *б)* общий вид;
1 – фрагмент, моделирующий участок стенки, полимерного резервуара; *2* – измерительные электроды (*l*, мм) с открытой металлической поверхностью, сочленённые с внутренней стенкой резервуара; *3* – изолирующая ручка для удержания устройства при погружении в СНП; *4* – контактные соединения; *5* –гибкие провода к тераомметру

Использование проволоки из металла с рассчитанным шагом навивки, на внутренней стенки полимерного резервуара, предотвращает возникновение искровых разрядов и обеспечивает шунтирование емкости двустенного пространства резервуара, а так же исключает пробой (перфорирование) конструкционных материалов.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: (в ред. от 13.07.2015 г.) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. Дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

2. Петров, А.П. Исследование опасности самовозгорания пирофорных отложений в резервуарах с нефтью [Электронный ресурс] / А.П. Петров, В.Г. Иванов, Г.Ю. Глухов // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" – №3 июнь 2009 г. – Режим доступа: http://ipb.mos.ru/ttb.

3. IEC 60079-32-1. Explosive atmospheres. — Part 32-1: *Electrostatic hazards,* guidance, 2013.

4. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил (утв. Приказом МЧС России от 05.05.2014 г. № 221) // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2016. – Доступ из лок-ной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

5. Марков А.Г., Верёвкин В.Н. Защита от электростатической опасности конструкционных материалов заземленными проводящими сетками//Научный журнал «Пожары и ЧС» АГПС МСЧ России, №1, 2012. – с.33-41.

6. Марков А.Г., Верёвкин В.Н. Защита от статического электри-чества полимерных двустенных горизонтальных резервуаров объемом до 50 м^3 для подземного хранения светлых нефтепродуктов //Научный журнал «Безопасность труда в промышленности» №3,М., 2016. – с.40-43.

7. Марков А.Г., Верёвкин В.Н. Способ защиты изолирующих поверхностей от электростатиче-ской опасности //Научный журнал «Безопасность труда в промышленности» №7,М., 2017. – с.52-59.

8. ГОСТ Р 50499-93 (МЭК 93-80). Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения удельного объемного и поверхностного сопротивления [Электронный ресурс]: государственный стандарт // Гарант: инф.-прав. об-ние. – Эл. Дан. – М., 2016. – Доступ из лок-ной сети б-ки Академии ГПС МЧС России.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА

Князев Игорь Олегович, Чугуев Павел Васильевич

С целью качественного и своевременного выполнения возложенных функций и сохранения работоспособного состояния сотрудников предлагается решение приоритетных задач от реализации, которых будет зависеть систематизация работы сотрудников надзорной деятельности.

Ключевые слова: информационные потоки, синдром информационной усталости, должностные лица.

INFORMATION FLOWS AND THEIR IMPACT ON ORGANIZATIONAL AND MANAGERIAL ACTIVITY BODIES OF STATE FIRE SUPERVISION

Knyazev Igor Olegovich, Chuguyev Pavel Vasilyevich

Order quality and timely performance of assigned functions and preservation of the working condition of the employees suggested priorities of implementation, which will de-pend largely on the systematization of the work of the staff of the Supervisory activities.

Keywords: information flows, a syndrome of information fatigue, officers.

Информационные потоки и их влияние на организационно-управленческую деятельность органов государственного пожарного надзора.

Совершенствование деятельности органов государственного пожарного надзора в современных условиях характеризуется изменением полномочий должностных лиц, порядка организации и осуществления государственного пожарного надзора, становлением единой системы государственных надзоров в области пожарной безопасности, гражданской

обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, внедрением независимой оценки рисков, установлением риск - ориентированного подхода, реформой в сфере технического регулирования, а также пришедшей на смену, твердо установившемуся курсу, выполнение Указа Президента РФ от 1 января 2018 г. № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года», целью, которых является обеспечение необходимого уровня защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Согласно данному документу необходимо оценить пожарные риски на территории страны, определить комплекс задач по их предотвращению, совершенствовать нормативно - правовую базу [1, ст. 2].

Венцом данного направления станет развитие системы профилактики пожаров, внедрение технических регламентов ЕАЭС. Установление требований к обеспечению пожарной безопасности зданий и сооружений с учетом оценки риска причинения вреда (ущерба) третьим лицам в результате пожара. Обучать население мерам пожарной безопасности и действиям при пожаре станет неотъемлемой частью. Профилактические плановые (рейдовые) осмотры территорий населенных пунктов, садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан, граничащих с лесными участками, выйдут на первый план. Внедрится принцип приоритетности профилактических мероприятий и риск - ориентированного подхода с учетом индикаторов риска нарушения обязательных требований пожарной безопасности. Создастся условия для продолжения развития системы негосударственного контроля за соблюдением требований пожарной безопасности. Повысится качество обучения личного состава подразделений всех видов пожарной охраны [1, ст. 2-4].

В этой связи, наряду с нехваткой трудовых ресурсов, неполноценным материально-техническим обеспечением деятельности органов государственного пожарного надзора, с постоянным возрастанием информационно-справочных и методических ресурсов, отвечающими современным условиям, колоссальной нехваткой времени на трудозатраты связанные с обработкой, выросших в последнее время, информационных потоков (указывающего, запрашивающего и побуждающего характера), как в электронном формате, так и на бумажном носителе, все большее значение приобретает выработка алгоритмов управления информационными потоками, являющихся значимой составляющей в повышении эффективности деятельности органов государственного пожарного надзора.

В своей деятельности должностные лица отделов надзорной деятельности МЧС России (далее ОНД) при осуществлении своих функций руководствуются нормативно - правовыми актами Российской Федерации. В настоящее время количество законодательных и нормативно - правовых актов Российской Федерации, регламентирующих надзорную деятельность довольно обширно. Объем нормативной информации, содержащейся в данных документах, составляет чуть меньше 2 тысяч печатных листов, 40% от объема указанной нормативной информации или порядка 700 печатных листов требует углубленного изучения, так как постоянно используется при осуществлении надзорной деятельности в повседневной работе. В среднем на обработку и ознакомление с 1 печатным листом информации инспектор тратит порядка 40 минут, на углубленное изучение - 3 часа. Учитывая данное обстоятельство, требуется порядка 25 рабочих дней на ознакомление с законодательными и нормативно - правовыми актами Российской Федерации, затрагивающими вопросы надзорной деятельности. Время необходимое на углубленное изучение составит порядка 65 рабочих дней.

Помимо указанных документов вопросы, связанные с осуществлением надзорной деятельности изложены в 45 приказах МЧС России, 21 постановлении Правительства. С целью реализации указаний МЧС России, в том числе поручений, отданных на селекторных совещаниях, Главное управление МЧС России по Московской области направило в один из территориальных отделов надзорной деятельности за 2017 год 602 соответствующих указаний [3]. Необходимое время на обработку и исполнение требований, изложенных в нормативно - правовых документах, используемых в практической деятельности инспекторским составом, без учета указаний регионального центра, в среднем составляет 89,4 рабочих дня.

Согласно трудовому календарю на 2017 год, в России было 247 рабочих дней. Среднее время работы инспектора в ОНД составило 195 рабочих дней.

Вследствие того, что общий срок проведения проверки проводимых государственными инспекторами по пожарному надзору не может превышать двадцати рабочих дней, государственные инспекторы по пожарному надзору, должны планировать в год не менее 150 дней для проведения плановых проверок [2, ст. 26].

Для другой внеплановой работы (проведение контрольных мероприятий, изучение поступивших для исполнения распоряжений и указаний управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Московской области (далее УНД и

ПР ГУ МЧС России), служебную и физическую подготовку и т.д.) у инспектора в 2017 году оставалось 52 рабочих дня.

Для исполнения поступившей информации, регламентирующей надзорную деятельность, в 2017 году необходимо затратить минимум 424,9 часов (или 53 рабочих дня) и максимум 1056,6 часов (или 132 рабочих дня). Все это приводит к некачественной проверке объектов и несвоевременным исполнением указания. В итоге задача не выполняется ни по одному из направлений.

Значительный объем времени во всех подразделениях также тратится на выполнение различного рода поручений, отданных во время проведения (ежедневных, еженедельных, ежемесячных) селекторных совещаний. При этом на указанные поручения зачастую ставятся неоправданно малые сроки выполнения. Исполнение указанных поручений в сжатые сроки существенно влияет на своевременное выполнение полученных ранее письменных приказов и распоряжений. Поручения, отдаваемые на селекторных совещаниях, не всегда готовятся заранее, поэтому они не всегда в достаточной мере конкретны и взвешены. Решение, принимаемое заблаговременно, в значительной мере превосходит по содержанию решение, принятое в течение нескольких секунд или минут во время селекторного совещания, так как за такой непродолжительный период времени человек физиологически не может учесть всю нормативную информацию, необходимую для принятия конкретного решения и формирования четкого содержательного и взвешенного поручения.

Можно отметить также, что психическая деятельность стимулируется поступающей информацией. Однако для протекания на высоком уровне психических процессов необходима оптимальная информационная нагрузка. Избыточность информации, отсутствие механизмов для ее переработки приводят к стрессовым расстройствам и серьезным нарушениям нервной системы, а также к повышенной конфликтности и заболеваниям. В работе «Гибель от информации: информационные перегрузки» (1996 г.) Д.Льюис ввел в научный оборот термин «синдром информационной усталости», который отражает специфическое психологическое состояние человека, ведущее к неверным оценкам, ложным умозаключениям и к принятию неверных, ошибочных решений. Избыточная информация в результате чрезмерного напряжения психических процессов приводит к более быстрому развитию утомления [4, с. 298].

В результате утомления интенсивность протекания психофизиологических процессов падает, что приводит к снижению готовности к действиям при неожиданном поступлении новой

информации. Для поддержания в этих условиях необходимой интенсивности и устойчивости внимания требуется значительное волевое усилие, что также связано с расходом нервно-психической энергии и приводит к преждевременному и более серьезному утомлению. Следствием этого состояния могут быть необоснованные поступки и нерациональные действия, поскольку нервная система находится в тревожном состоянии или в состоянии сильного торможения, при этом поступающая информация может оцениваться неадекватно. В состоянии информационной усталости у сотрудников, особенно у руководителей, возникает ожидание, что новая информация позволит радикально изменить ситуацию в лучшую сторону, а потому пока, до определенного времени принятие даже важных решений нужно отложить, что приводит к "аналитическому параличу". Проблемой является то, что информацию можно получать и накапливать неограниченно долго, а механизм принятия решений бездействует [5, с. 147].

В сложившихся условиях постоянно возрастающего потока поступающей информации, с целью качественного и своевременного выполнения возложенных функций и сохранения работоспособного состояния сотрудников, становится актуальным решение следующих приоритетных задач, от реализации которых во многом будет зависеть систематизация работы сотрудников надзорной деятельности:

1. Разработка методики дифференцированного по временным показателям подхода к постановке задач различным подразделениям в зависимости от количества территориальных органов в их составе, количества муниципальных образований на территории субъекта РФ и штатной численности личного состава.

2. Перераспределение имеющейся штатной численности инспекторского состава между субъектами РФ в зависимости от количества муниципальных образований на территории субъекта РФ, численности населения, количества объектов надзора, удаленности объектов надзора, при этом установив минимальный состав территориального органа надзорной деятельности не менее 6 человек.

3. Введение в штаты управлений надзорной деятельности и территориальных органов должностей секретарей (не связанных с выполнением функций надзорной деятельности), с целью осуществления канцелярской работы и снятия избыточной нагрузки с инспекторского состава.

4. Издание приказа министерства, устанавливающего перечень отчетной документации, и запрещающего запрос дополнительной информации, не входящей в данный перечень.

5. Издание приказа министерства, ограничивающего целевые выезды в подразделения с целью их проверки, в течение года до начала инспекторской проверки подразделения и в период между инспекторской и контрольной проверкой деятельности подразделения, за исключением экстренных случаев.

Литература

1. Указ Президента РФ от 1 января 2018 г. № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года».
2. Приказ МЧС России от 30 ноября 2016 г. N 644 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности».
3. Электронный портал - http://docund.ucoz.ru.
4. Бодров В.А Информационный стресс. - М., 2000.
5. Еляков А.Д. Информационная перегрузка людей. //Социологические исследования. 2005, N 5.

ДИНАМИКА ПОЖАРНЫХ РИСКОВ КРЫМА ДО И ПОСЛЕ ВОССОЕДИНЕНИЯ С РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ

Малько Валерий Анатольевич

В статье изложены анализ статистических данных пожаров и их последствий в Крыму за 2010-2016 года, представлены результаты расчетов динамики пожарных рисков.

Ключевые слова: Республика Крым, пожарная безопасность, пожарный риск, статистика пожаров.

DYNAMICS OF FIRE RISKS IN CRIMEA BEFORE AND AFTER REUNIFICATION WITH THE RUSSIAN FEDERATION

Malko Valery Anatolyevich

The article presents the analysis of statistical data on fires and their consequences in Crimea for 2010-2016, presents the results of calculations of the dynamics of fire risks.

Keywords: Republic of Crimea, fire safety, fire risk, fire statistics.

Анализ исходных данных

Республика Крым и город федерального значения Севастополь – особые субъекты Российской Федерации. На протяжение более чем двух десятков лет они находились под юрисдикцией Украины. Договор от 18 марта 2014 г. между Российской Федерацией и Республикой Крым о принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образования в составе Российской Федерации новых субъектов восстановил историческую справедливость: Крым вернулся в Россию[0].

Работа, по сути, является логическим продолжением публикаций [0,0], в которой проводится исследование динамики рисков в Крыму с 2010 по 2016 гг. Стоит отметить, что подобные исследования для Республики Крым и города Севастополь ранее не проводилось.

В таблице 1 приведены исходные данные о числе пожаров в Республике Крым и городе Севастополь, а так же о числе погибших и травмированных на пожарах. В Крыму за 2010-2016 гг. зарегистрировано 14584 пожара, на которых погибли 737 и травмировались 531 человек.

Таблица 1. Обстановка с пожарами в Крыму в 2010 – 2016 гг.

Год	Количество пожаров			Количество жертв (погибших)			Количество травмированных		
	Республики Крым	Севастополь	Сумма	Республики Крым	Севастополь	Сумма	Республики Крым	Севастополь	Сумма
2010	1237	827	2064	88	21	109	40	13	53
2011	1470	870	2340	99	22	121	57	16	73
2012	2026	972	2998	84	21	105	49	17	66
2013	1611	792	2403	82	21	103	40	18	58
2014	1562	329	1891	82	17	99	61	21	82
2015	1382	325	1707	80	23	103	83	20	103
2016	1089	92	1181	78	19	97	72	24	96

На рисунке 1 показана динамика числа пожаров, а на рисунках 2 и 3 динамики их последствий.

На рисунке 1 видно, что с момента перехода Республики Крым и города Севастополь в состав России количество пожаров значительно сократилось. Так же стоит отметить, что количество жертв не претерпело сильных изменений, а количество травмированных увеличилось чуть ли не в 2 раза. Причины этих изменений указаны в работах [0,0], поэтому подробно на этом останавливаться не будем.



Рис. 1. Динамика пожаров в Крыму за 2010-2016 гг.

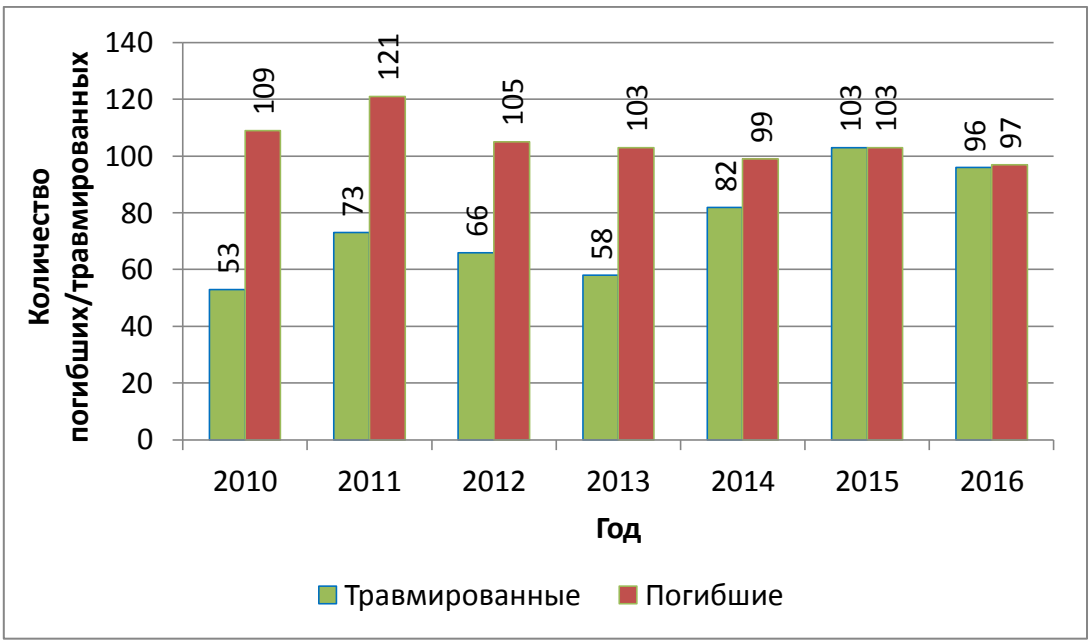


Рис. 2. Динамика погибших/травмированных в Крыму за 2010-2016 гг.

Для оценки пожарных рисков территорий (субъектов, городов, сельских поселений и др.) под руководством Брушлинского Н.Н. разработан и успешно применяется ряд отдельных (частных) пожарных рисков [4,5]:

- риск R_1 для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах $\left[\frac{\text{пожар}}{10^3\text{чел.}\cdot\text{год}}\right]$;

- риск R_2 для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой). Здесь единица измерения имеет вид $\left[\frac{\text{жертва}}{10^2\text{пожаров}}\right]$;

- риск R_3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени $\left[\frac{\text{жертва}}{10^5\text{чел.·год}}\right]$.

Риск R_1 характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски R_2и R_3 - некоторые последствия этой реализации. Оценим новые субъекты с помощью них. Результаты внесены в таблицу 2.

Таблица 2. Динамика рисков в Крыму за 2010-2016 гг.

Год	R_1*10^3 $\left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.·год}}\right]$	R_2*10^2 $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожаров}}\right]$	R_3*10^5 $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.·год}}\right]$.
2010	0,884	5,281	4,668
2011	1,003	5,171	5,185
2012	1,284	3,502	4,498
2013	1,027	4,286	4,404
2014	0,831	5,235	4,351
2015	0,744	6,034	4,488
2016	0,508	8,213	4,175

Для наглядности представим результаты расчетов таблицы 2 графически на рисунках 3-5.

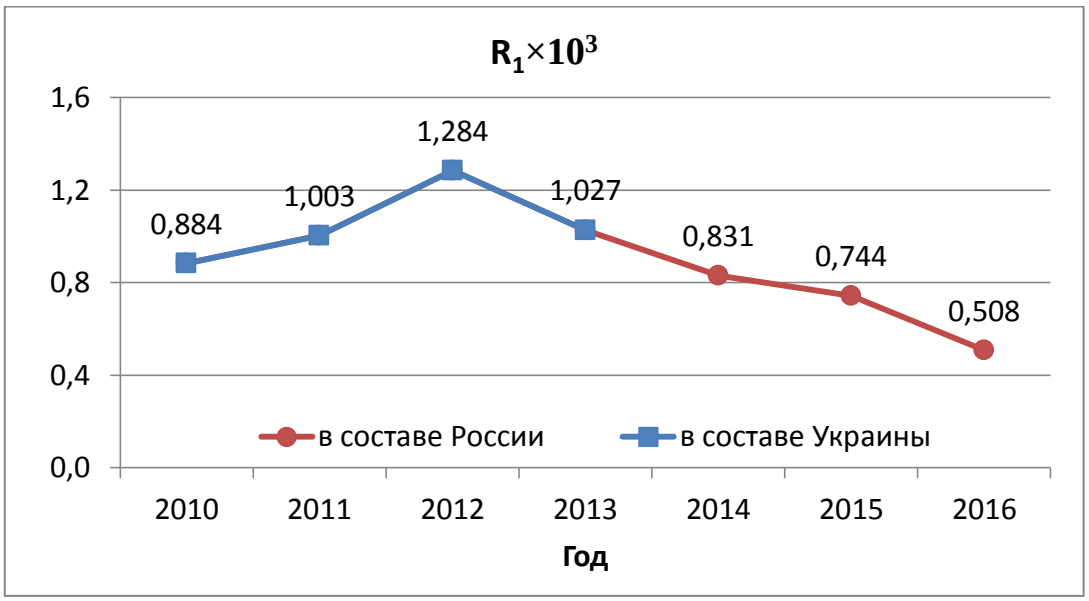


Рис. 3. Динамика пожарных рисков R_1*10^3 $\left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.·год}}\right]$ в Крыму за 2010-2016 гг.

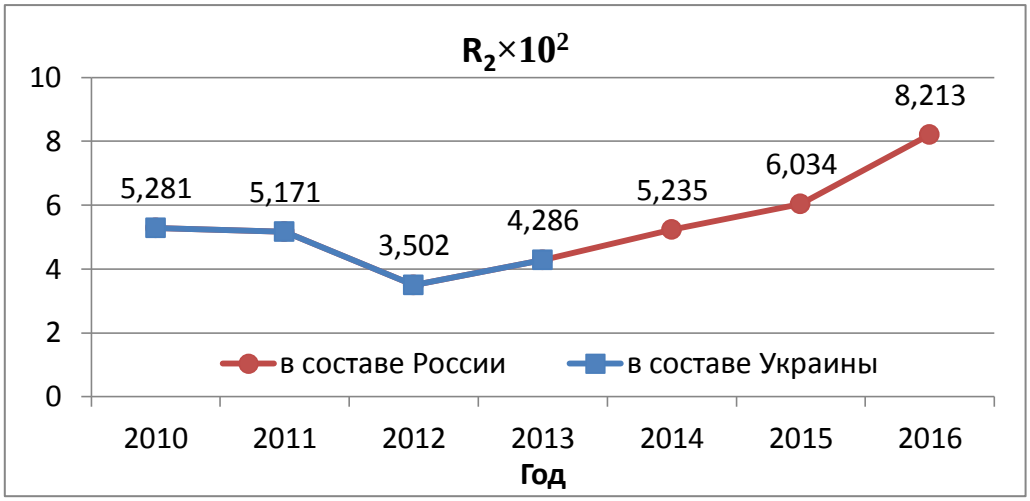


Рис. 4. Динамика пожарных рисков R_2*10^2 $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{пожаров}}\right]$ в Крыму за 2010-2016 гг.

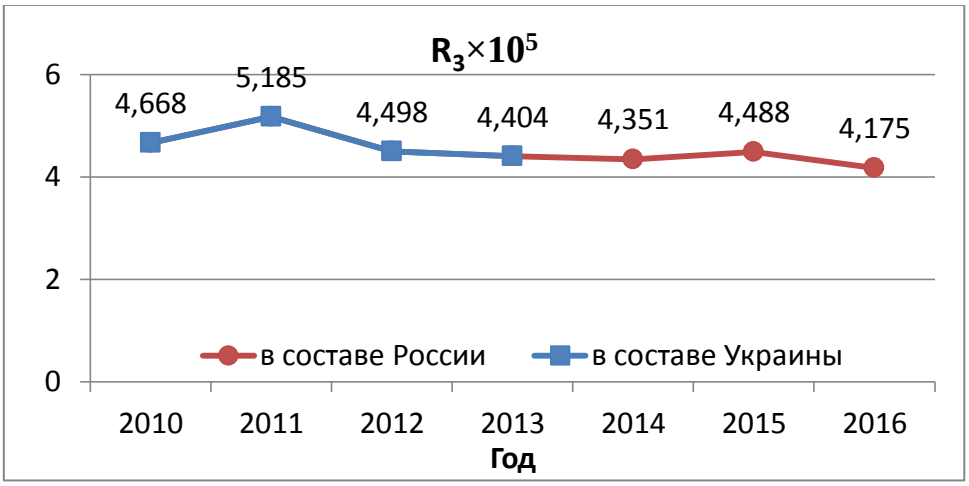


Рис. 5. Динамика пожарных рисков R_3*10^5 $\left[\frac{\text{жертва}}{\text{чел.·год}}\right]$ в Крыму за 2010-2016 гг.

Из таблицы 2 видим, что в 2016 году вероятность столкнуться с пожаром в Крыму стала вдвое ниже, чем в 2013. Снижение количества пожаров должно приводить к снижению количества жертв на них. Однако результаты расчетов, представленные в таблице 2 и на рисунке 4, говорят о том, что вероятность стать жертвой пожара в Крыму в 2016 году выросла вдвое по сравнению с 2013 годом. При таких противоречивых значениях R_1 и R_2 динамика R_3 остается почти на том же уровне, что и была в 2013 году.

Вывод

Различия в порядке учета пожаров и их последствий, которые представленные в работах [0,0], подтверждаются результатами анализа статистики пожаров и их последствий, а так же расчетами пожарных рисков. Из-за разности порядка учета пожаров и их последствий может сложиться ошибочное мнение о действительной пожарной обстановке в регионе.

Для качественной оценки территорий все чаще возникает необходимость в применении комплексных показателей, которые включают в себя как социальную, так и экономическую составляющие. Именно в этих целях был разработан интегральный социально-экономический показатель пожарного риска, который представлен в работе [6]. Полученные данные, которые представленные в этой публикации, являются частью диссертационного исследования. Так же планируется дальнейшая работа с применением интегрального социально-экономического показателя пожарного риска для оценки пожарной опасности Республики Крым и города Севастополь.

Литература

1. Мещеряков А.В. Российское гражданство жителям Крыма и Севастополя: некоторые итоги переходного периода // Вестник Саратовской государственной юридической академии. – 2015. – № 5 (106). – С. 36-40.

2. Малько В.А. Анализ порядка учёта пожаров в Крыму // Системы безопасности – 2016: матер. XXV Междунар. науч.-техн. конф. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 469-472.

3. Малько В.А. Анализ порядка учёта погибших и травмированных при пожарах в Крыму // Системы безопасности – 2016: матер. XXV Междунар. науч.-техн. конф. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – С. 466-469.

4. Брушлинский Н.Н. Оценка пожарных рисков в муниципальных образованиях Калужской области [Электронный ресурс] / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков // Технологии техносферной безопасности – 2011 Выпуск 2 (36). – Режим доступа:

http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-2/07-02-11.ttb.pdf;

5. Основы теории пожарных рисков и ее приложения: Монография / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, Е.А. Клепко – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.;

6. Присяжнюк Н.Л. Интегральный социально-экономический показатель пожарного риска / Н.Л. Присяжнюк, В.А. Малько // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: сборник материалов первого межвузовского научного семинара. 2017 – М.: Академия ГПС МЧС России. – С. 14-20.;

ЗДАНИЯ ПОЖАРНЫХ ДЕПО В ПОМОЩЬ ДЕЖУРНОМУ КАРАУЛУ

Креппо Юрий Владимирович, Фирсова Татьяна Фёдоровна

Рассмотрен анализ пожарной опасности зданий пожарных депо построенных до 2007 года. Проведено компьютерное моделирование динамики опасных факторов пожара на примере пожарной части №12 в сокольниках.

Ключевые слова: Пожарное депо, динамика опасных факторов пожара, каланча, моделирование, пожарные.

BUILDING FIREHOUSES TO HELP DUTY HONOR

Kreppo Yury Vladimirovich, Firsova Tatyana Fedorovna

The article presents the analysis of fire hazard of buildings of fire stations built before 2007.A computer simulation of the dynamics of fire hazards is carried out on the example of fire station No. 12 in Sokolniki.

Keywords: Firehouse, the dynamics of dangerous factors of fire, tower, simulation, fire.

Здания пожарных депо в помощь дежурному караулу

Указ Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» в качестве одного из четырех приоритетных направлений государственной политики в области пожарной безопасности называет эффективность функционирования и развития пожарной охраны, относя к механизмам реализации, в том числе создание мобильных, многопрофильных, технически оснащенных и подготовленных подразделений пожарной охраны.

Очевидно, вся эта техническая мощь как планируемая, так и имеющаяся должна размещаться в зданиях, способных не только обеспечить сохранность техники, но и способствовать «эффективности функционирования» самих подразделений. Именно планировочные решения зданий способны обеспечить быстрый и безопасный сбор личного состава пожарного подразделения по боевой тревоге и выезд пожарных автомобилей в минимально короткое время.

Такие здания называются пожарными депо и история их создания хорошо известна и опубликована в многочисленных изданиях об истории становления пожарной охраны страны [1-5]. Длительное время пожарные депо проектировались по требованиям общих технических норм проектирования и только в 1991 году был принят документ [6], объединивший основные требования к планировочным решениям таких зданий и определивший их современную типологию. Однако, нельзя недооценивать тот факт, что основная масса зданий пожарных депо на территории России (более 50%) построена по типовым проектам середины XX века, а еще 30% пожарных депо действуют и эксплуатируются невзирая на переход в статус культурного наследия. Причем последние стоят на боевом дежурстве практически в каждом городе России, например, в Москве, Костроме, Галиче, Рыбинске, Балакове, Сердобске, Угличе, Ярославле, Трубчевске, Ульяновске, Волгограде, Самаре и многих других городах, исчисляющих свою историю хотя бы с XIX века. Насколько удобны и безопасны такие здания для несения круглосуточных дежурств, и в какой мере их планировочные решения могут повлиять на временной фактор выезда дежурного

караула – этим проблемам и возможным способам их устранения посвящена настоящая статья.

Ярким примером пожарных частей, уже отпраздновавших 100-летний юбилей может служить московская ПЧ-12, разместившаяся в исторической части здания по адресу Русаковская ул., дом 26, корпус 1 (рисунок 1), а их отличительным признаком является наличие пожарной каланчи – дозорной башни, со смотровой площадки которой были видны все улицы и здания в радиусе 15÷20 км. Конечно, каланчи утратили свой первоначальный статус и используются теперь для сушки пожарных рукавов и установки приемно-передающего оборудования оперативной связи, но с точки зрения газообмена при возникновении пожара эта труба (в ПЧ-12 высотой около 20 м), связанная дверными проемами с коридором этажа может иметь крайне негативную роль. Такая постановка проблемы только кажется невероятной, прежде всего по той причине, что статистика пожаров в пожарных частях такая же закрытая информация, как и статистика пожаров на предприятиях нефтеперерабатывающей или энергетической отраслей, или предприятиях О.В. Дерипаски. Тем не менее, согласно скудной информации просочившейся в сети интернета, пожары не обходят стороной и здания пожарных депо:

- январь 2012 г. – в Иркутской области сгорело две пожарные части - в поселке Балахнинском (Бодайбинский район) и в поселке Большая Речка. https: //www.balkans.kp.ru/daily/25821/2799054;

- июль 2013 г. – в г. Стерлитамак загорелась пожарная часть по ул. Суворова. http://sterlitamak.ru/newscity;

- май 2017 г. – в г. Кирове на Октябрьском проспекте, 122 загорелась пожарная часть. https://gorodkirov.ru/content/article/20160812-2206;

- октябрь 2017 г. – в Волгоградской области два человека пострадали при тушении пожара в гараже пожарной части на улице Ленинской в селе Ольховка Ольховского района. http://v102.ru/news/67907.html.

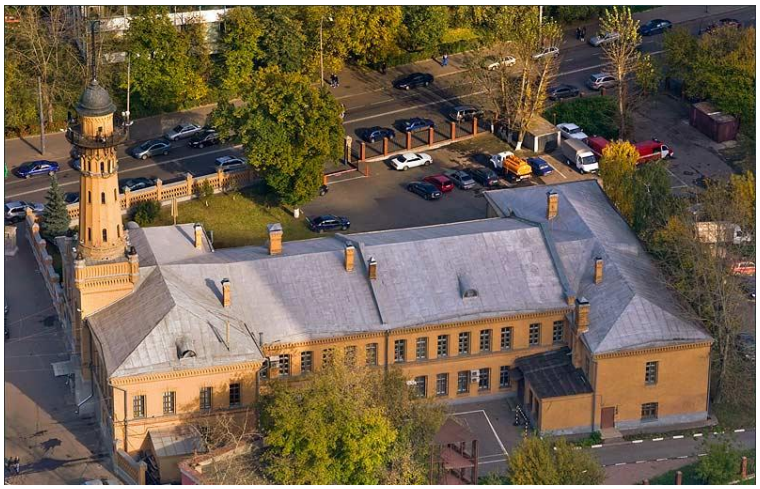


Рис. 1. ПЧ-12 по адресу Москва, ВО, ул. Русаковская, дом 26, корпус 1

Результаты моделирования динамики опасных факторов пожара, полученные применительно к планировочным схемам ПЧ-12 в Сокольниках, доказывают, что время наступления критических значений ОФП в коридоре этажа, а, следовательно, и время блокирования единственного эвакуационного выхода с этажа не превышает 50 с (рисунок 2) одновременно по трем показателям – температуре, содержанию кислорода и потере видимости.

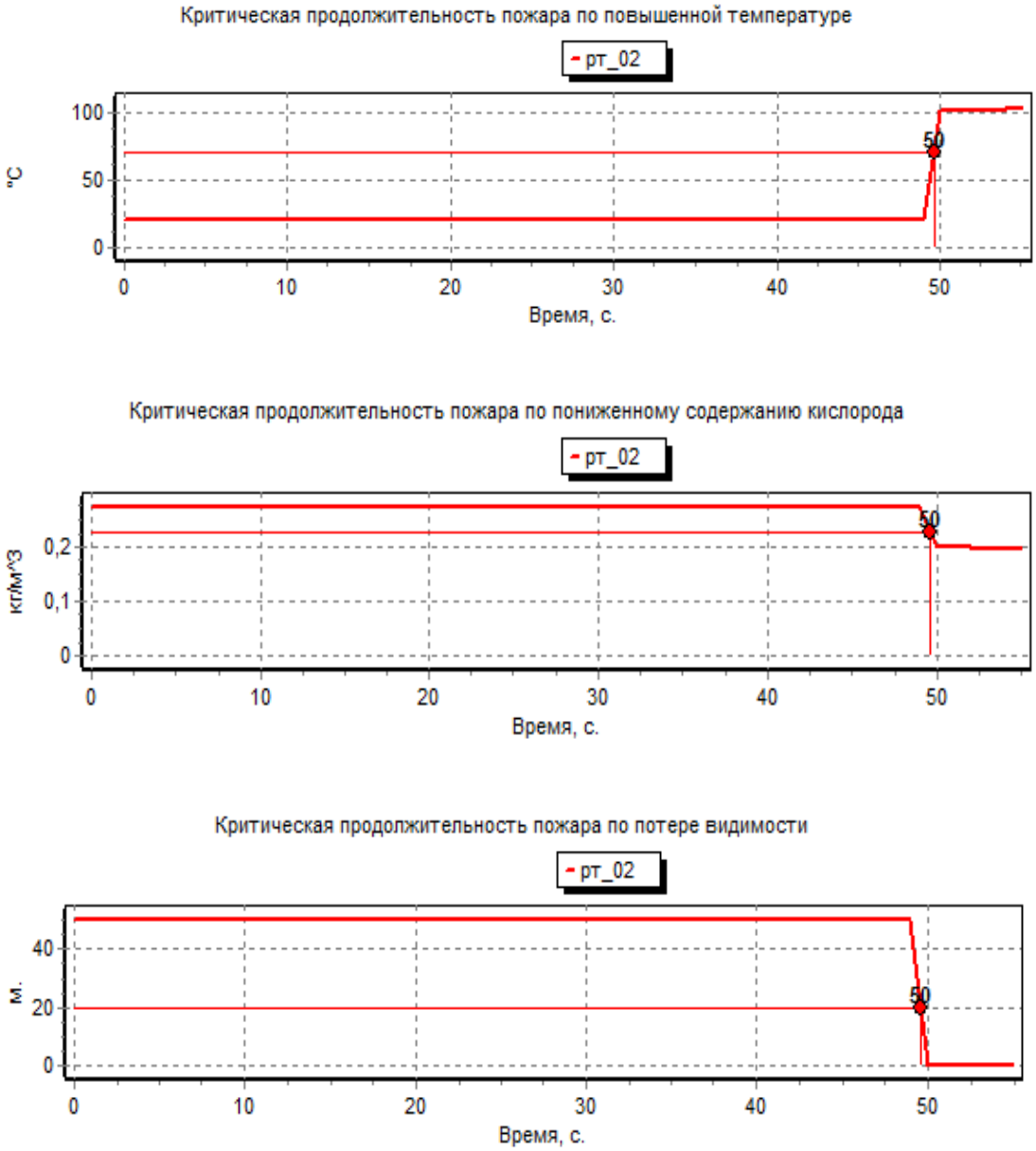


Рис. 2. Время наступления критических значения опасных факторов пожара в коридоре этажа пожарной части при наличии каланчи.
Время блокирования эвакуационного выхода 0,8·50/60 = 0,67 мин.

При том, что расчетное время эвакуации с этажа составляет 1,17 мин даже при времени начала эвакуации 0,3 мин, очевидно, что условие безопасной эвакуации не выполняется.

Величина индивидуального пожарного риска в таком здании пожарной части также будет более допустимого значения [7] – $3 \cdot 10^{-3}$.

Должны ли пожарные, или как теперь их пафосно именуют огнеборцы, опасаться за собственную жизнь и в тех зданиях где они несут такую сложную, ответственную и без того опасную службу? Рассмотренная проблема бесспорно решаема за счет естественного проветривания коридора этажа и защиты дверных проемов каланчи противопожарными дверями. Но есть проблемы непосредственно влияющая на время выезда пожарного подразделения – это размещение дежурных и диспетчерских служб на втором этаже здания и размер выездных ворот, который невозможно изменить в здании культурного наследия.

Пожарные слишком часто видят смерть рядом с собой, рискуют собственной жизнью спасая чужие, наверное, поэтому это не унывающие, дружные, веселые и «рукастые» люди, другие в пожарных частях надолго не задерживаются, так и в ПЧ-12 нашли решение и этим проблемам:

- непрерывную беготню по маршам лестницы перед выездом отнесли к дополнительным тренировкам, поскольку спуститься по имеющемуся спусковому столбу в боевом снаряжении невозможно – размер проема в перекрытии почти на 40 см меньше необходимых 1,2х1,2 м (рисунок 3*а*);

- для выезда/въезда в ворота пожарной части, которые всего на 15 см шире пожарных автомобилей, да к тому же пол в гараже немного ниже (на 25 см) планировочной отметки земли поэтому сделаны пандусы, водители части приобрели навыки фигурного вождения и теперь могут участвовать в любых конкурсах водительского мастерства (рисунок 3*б*).



Рис. 3. ПЧ-12 в Сокольниках изнутри: *а* – спусковой столб; *б* – ворота для конной пожарной упряжки.

Очевидно и то что в такие ворота не может никаким способом попасть автомеханическая лестница, поэтому ее вызывают из других частей города.

Пожарные каланчи стали визитными карточками многих городов, но их использование по прямому назначению сегодня значительно затруднено, не обеспечивает безопасность работников, следовательно, мало оправдано.

История пожарной охраны должна сохраняться, так пусть в таких частях разместятся пожарно-технические выставки, как например это сделано в Санкт-Петербурге на Васильевском острове.

Литература

1. Абрамов В.А., Глуховенко Ю.М., Сметанин В.Ф. История пожарной охраны. Краткий курс: Учебник: В 2 ч. / В.А. Абрамов, Ю.М. Глуховенко, В.Ф. Сметанин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

2. Ильин В.В., Мешалкин В.А. История пожарной охраны России / В.В. Ильин В.В., В.А. Мешалкин. – М.: Академия ГПС МЧС России, СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 368 с.

3. Обухов Ф.В. Советская пожарная охрана / Ф.В. Обухов. – М.: Стройиздат, 1979. – 203 с.

4. Противопожарная служба России. Документы и материалы (в 2 т.). – М.: Издательство ТРИО, 2002.

5. Скипский Г.А. История пожарной охраны: Курс лекций / Г.А. Скипский. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2008. – 188 с.

6. ВСН 1-91 СПАСР МВД РФ Нормы проектирования объектов пожарной охраны.

7. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 (ред. 2015).

РАНЖИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Смирнов Андрей Владимирович

В статье рассматривается методика ранжирования вариантов в многоагентной системе распределения ресурсов на предприятиях химической и нефтехимической промышленности на основе парных сравнений вариантов.

Ключевые слова: управление безопасностью, многоагентная система; ранжирование вариантов распределения ресурсов.

THE RANKING OF RESOURCE ALLOCATION OPTIONS FOR THE PURPOSES OF FIRE SAFETY CHEMICAL AND PETROCHEMICAL PLANTS

Smirnov Andrey Vladimirovich

The article discusses the method of ranking options in a multi-agent system of re-source allocation in the chemical and petrochemical industry on the basis of paired compari-sons options.

Keywords: security management, multi-agent system; ranking of resource allocation options.

Пожары и другие аварийные ситуации на предприятиях химической и нефтехимической промышленности характеризуются человеческими жертвами и существенным социальным и экономическим ущербом [1]. При этом системы безопасности и противопожарной защиты многих химических и нефтехимических предприятий нуждаются в совершенствовании, которое определяется не только необходимостью выполнения законных требований и норм безопасности, но также и развитием научно-технического прогресса в части разработки и внедрения новых технологий безопасности. Однако, совершенствование системы безопасности требует значительных ресурсов, распределение которых должно производится рационально. Поэтому задача рационального распределения ресурсов для целей безопасности на предприятиях химической и нефтехимической промышленности является актуальной научной задачей, требующей развития теоретических основ, существующих методов управления ресурсами предприятий. Необходимо отметить, что использование многокритериальной оптимизации при математическом моделировании работы различных предприятий неоднократно являлось предметом научных исследований [2, 3], но задача распределения ресурсов на обеспечение пожарной безопасности в рамках данных работ не рассматривалась.

Предполагая, что управление безопасностью можно представить, как рациональное[2] управление в многоагентной системе (МАС), возможно выстроить оптимальное взаимодействие между подразделениями предприятия, реализующими на практике задачи системы безопасности [4]. Тогда в соответствии с известными подходами агентного моделирования будем считать, что перед системой управления безопасностью – центром управления МАС, одновременно стоит множество целей, каждую из которых реализует определённый агент – отдел, линейное подразделение или кон-

[2] Здесь под рациональным управлением понимаем взаимодействие агентов в соответствии с правилами разумного поведения формально представленными в многоагентной системе.

кретное должностное лицо предприятия. Специфика управления ресурсами для решения задач безопасности предполагает кризисную ситуацию, заключающуюся в недостатке ресурсов и, следовательно, распределении лишь доли от имеющегося общего ресурса [5]. Тогда рассматриваемая задача будет характеризоваться следующими атрибутами: варианты распределения ресурса (X); доли ресурса (A), приходящегося на каждого агента и предпочтениями центра управления (W). Рассматриваемая постановка задачи аналогична задачам перспективного планирования распределения ресурсов в многоагентной системе. Для решения задач данного вида необходимо на основе предпочтений центра управления (W) произвести ранжирование вариантов распределения ресурсов с целью реализации рационального выбора окончательного варианта.

В общем случае МАС функция для ранжирования вариантов распределения ресурсов записывается в виде:

$$\Phi = \sum_{k=1}^{m} \omega_k A_k, \ \sum_{k=1}^{m} \omega_k = 1. \quad (1)$$

где (Φ) – функция ранжирования вариантов распределения ресурсов в МАС; (ω_k) – коэффициенты важности агентов в МАС; (A_k) – доли ресурсов агентов МАС; (k) – общее количество агентов в МАС.

В такой постановке задачи прямое объединение коэффициентов важности (ω) будет является множеством (W), то есть предпочтениями центра управления МАС. Для формирования множества (W) в теории агентного моделирования используется три основных подхода:

1. аппроксимация мнения экспертов;
2. формализация опыта ранее принимаемых решений;
3. парное сравнение вариантов распределения ресурсов центром управления.

Не умаляя важности первых двух направлений в настоящей работе рассмотрим третий подход, основанный на парном сравнении вариантов распределения ресурсов центром управления многоагентной системы.

Стоит отметить, что кризисная ситуация распределения долей ресурсов в МАС определяет компромисс. Это означает, что при реализации каждого из рассматриваемых вариантов распределения ресурсов некоторое множество агентов получит избыточные доли ресурса в сравнении с другими агентами, которые будут находится в состоянии недостатка ресурса. Поэтому при парном сравнении компромиссных вариантов распределения ресурсов в МАС всегда найдется группа агентов, для которых в результате сравнения будут получены «избытки» в долях распределенного ресурса, которые рассчитываются по формуле:

$$D_i=A_i - A_j \text{ и } w_i>0 \quad (2)$$

Агентов с номерами i объединим в группу (A_+) количество агентов в группе (A_+) обозначим (a).

Одновременно с этим при парном сравнении вариантов найдутся агенты для которых будут получены «недостатки» в долях ресурса в сравнении с агентами из группы (A_+).

$$D_j = A_j - A_i \text{ и } w_j > 0 \quad (3)$$

Агентов с номерами (j) объединим в группу (A_-) количество агентов в группе (A-) обозначим (b).

Рассмотрим все возможные комбинаций агентов из групп (A_+) и (A_-) и для каждой комбинации определим коэффициенты (k_{ij}), характеризующие отношение «избытков» и «недостатков» у агентов МАС при распределении ресурсов.

Коэффициенты (k_{ij}) будут рассчитаны по формуле:

$$k_{ij} = \frac{D_i}{D_j} \text{ для всех } i \text{ и } j \quad (4)$$

Тогда коэффициенты важности (ω_k) из множества (W) в общей функции ранжирования (1) будут определяться по формулам:

- для агентов из группы (A_+)

$$\omega_i = \frac{b}{ab + \sum_{j=1}^{b} K_j} \quad (5)$$

- для агентов из группы (A_-)

$$\omega_j = \frac{K_j}{ab + \sum_{j=1}^{b} K_j} \quad (6)$$

где $K_j = \sum_{i=1}^{a} k_{ij}, \forall j_B$.

На рисунке 1 показана общая структура и положение методики ранжирования вариантов распределения ресурсов в МАС с использованием разработанного в [6] способа визуализации векторных оценок вариантов и их парных сравнений.

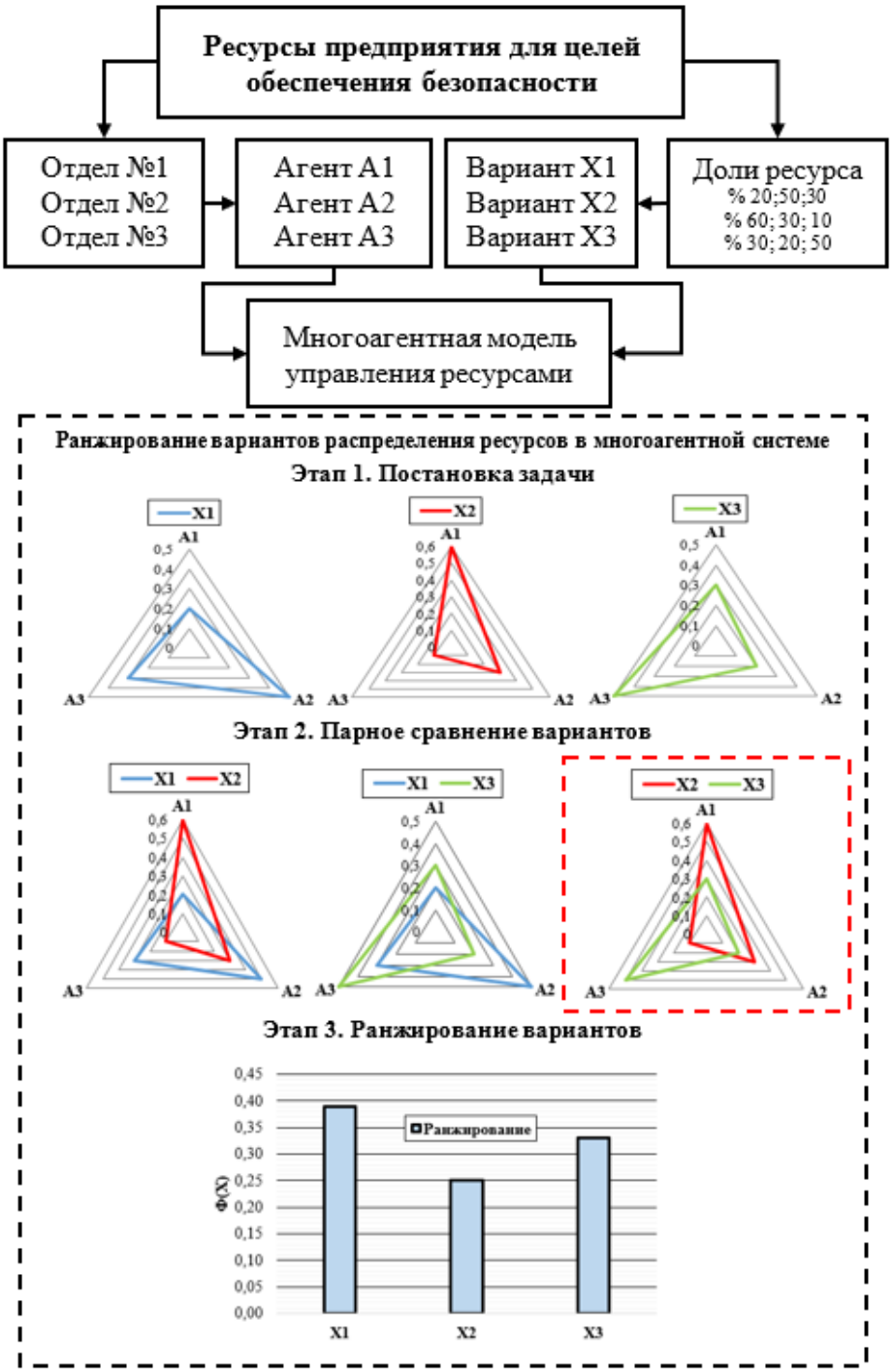


Рис. 1. Структура ранжирования вариантов распределения ресурсов в МАС

Так на первом этапе методики происходит формальная постановка задачи распределения ресурсов в МАС, формируются варианты распределения ресурса и определяются соответствующие им доли, приходящиеся на конкретного агента в системе.

На втором этапе осуществляется парное сравнение вариантов и распределение агентов по группам (A_+) и (A_-).

На третьем этапе методики по формулам (2) и (3) оцениваются «избытки» и «недостатки» в долях ресурсов при парном сравнении вариантов.

Далее по формулам (4) и (5) вычисляются коэффициенты важности и производится ранжирование вариантов в соответствии с оценками, полученными по формуле (1).

На основе ранжирования центр управления производит рациональный выбор вариантов распределения ресурсов в соответствии со своими предпочтениями (W).

Предлагаемый подход к ранжированию вариантов распределения ресурсов в МАС позволяет производить рациональный выбор долей ресурсов для решения задач безопасности химических и нефтехимических предприятий. Стоит отметить, что предложенные в данной работе формулы (4) и (5), используемые при расчете коэффициентов важности в функции (1) могут быть использованы не только при парном сравнении вариантов, но также для аппроксимации экспертных мнений и формализации опыта ранее принятых решений. В данном направлении будет осуществлено развитие предлагаемого подхода к ранжированию вариантов в МАС в дальнейших работах.

Литература

1. Смирнов, А.В. Хабибулин, Р.Ш. Статистика пожаров на объектах химической и нефтехимической промышленности // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" 2016 – № 5 (69).

2. Ермошин, Н.А. Лазарев, Ю.Г. Многокритериальная оптимизация в задачах транспортного планирования // Технико-технологические проблемы сервиса. 2017. № 1 (39). С. 58-62.

3. Бондаренко, Ю.В. Каширина, И.Л. Многокритериальная модель оптимизации финансовых результатов производственной деятельности предприятия // Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы XII международной научно-практической конференции. 2016. С. 309-314.

4. Смирнов, А.В. Хабибулин, Р.Ш. Тараканов, Д.В. Применение многоагентного подхода для поддержки управления безопасностью в техносфере // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 1. С. 118–133.

5. Смирнов, А.В. Хабибулин, Р.Ш. Формализация участников межфункциональных конфликтов по вопросам пожарной безопасности на объектах химической промышленности // Материалы XXVI международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 15-19.

6. Тараканов Д.В. Многоагентная система для моделирования действий по тушению пожаров в социальных зданиях // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» 2016. № 5 (69). URL: http://ipb.mos.ru/ttb

Авторский указатель

А

Алешков Михаил Владимирович 10
Антипин Дмитрий Яковлевич 139
Астапов Павел Евгеньевич 187

Б

Байгалмаа Энхтувшин 145, 152
Батманов Сергей Васильевич 85
Бегишев Ильдар Рафатович 58
Беликов Анатолий Константинович 51

Г

Габдуллин Владислав Булатович 81, 196
Голованов Алексей Анатольевич 209
Грохотов Михаил Андреевич 51, 58
Гураль Артем Александрович 85
Гусев Иван Александрович 10, 19, 102

Д

Дао Туан Ань 35
Двоенко Олег Викторович 19, 160
Декина Милена Алексеевна 28
До Хоа 35
Добродицкий Никита Александрович 191
Долгополова Анна Геннадьевна 132

Е

Егоров Андрей Николаевич 72
Есин Владимир Михайлович 70, 90

З

Зубачев Сергей Михайлович 19

К

Клевцова Анастасия Викторовна 165, 172
Князев Игорь Олегович 214
Кононов Андрей Викторович 165, 172
Коршунов Игорь Васильевич 81, 196
Креппо Юрий Владимирович 225
Крымский Александр Сергеевич 51
Кудрявцев Максим Николаевич 58

М

Малько Валерий Анатольевич 219
Марков Александр Георгиевич 209
Марченко Денис Викторович 19
Махнёва Арина Николаевна 126
Меженов Владимир Алексеевич 160
Минаев Владимир Александрович 35
Михайлов Кирилл Андреевич 179
Мусайбеков Асхат Гайнуллаулы 96

Н

Нгуен Дат Тат 7
Носков Константин Алексеевич 70

О

Ольховский Иван Александрович 10

П

Передня Дарья Андреевна 78
Петров Филипп Васильевич 47
Плуготаренко Нина Константиновна 132
Прошина Ольга Михайловна 43
Пузач Сергей Викторович 7

Р

Рахманин Олег Константинович 40
Рашкевич Нина Владиславовна 119

С

Салионов Дмитрий Сергеевич 182
Серов Петр Петрович 81, 197
Смагин Александр Владимирович 81, 197
Смирнов Алексей Викторович 47
Смирнов Андрей Владимирович 232
Соловьев Сергей Владимирович 47
Солодовников Александр Владимирович 126
Сошников Андрей Александрович 10
Сухов Олег Михайлович 209

Т

Тетерин Денис Андреевич 204
Туяков Бахыт Куанышевич 47

Ф

Фещенко Александр Николаевич 40
Фирсова Татьяна Фёдоровна 225

Х

Хабибулин Ренат Шамильевич 204
Хисматулин Станислав Радикович 160

Ц

Цыбульская Маргарита Юрьевна 90

Ч

Чистяков Тимур Игоревич 102
Чу Минь Куок 35
Чугуев Павел Васильевич 214

Ш

Шкоркина Инна Владимировна 172
Шкутова Татьяна Вячеславовна 64
Шорохов Сергей Геннадьевич 139

Щ

Щепилов Иван Александрович 110

Я

Ягодка Евгений Алексеевич 28, 191

Спикеры

1. Щепилов Иван Александрович
2. Рашкевич Нина Владиславовна
3. Нгуен Дат Тат
4. Махнёва Арина Николаевна
5. Гусев Иван Александрович
6. Долгополова Анна Геннадьевна
7. Декина Милена Алексеевна
8. Дао Туан Ань
9. Фещенко Александр Николаевич
10. Прошина Ольга Михайловна
11. Петров Филипп Васильевич
12. Шорохов Сергей Геннадьевич
13. Байгалмаа Энхтувшин
14. Меженов Владимир Алексеевич
15. Крымский Александр Сергеевич
16. Кудрявцев Максим Николаевич
17. Клевцова Анастасия Викторовна
18. Кононов Андрей Викторович
19. Михайлов Кирилл Андреевич
20. Салионов Дмитрий Сергеевич
21. Шкутова Татьяна Вячеславовна
22. Астапов Павел Евгеньевич
23. Носков Константин Алексеевич
24. Добродицкий Никита Александрович
25. Егоров Андрей Николаевич
26. Передня Дарья Андреевна
27. Габдуллин Владислав Булатович

28.Гураль Артем Александрович

29.Тетерин Денис Андреевич

30.Голованов Алексей Анатольевич

31.Князев Игорь Олегович

32.Цыбульская Маргарита Юрьевна

33.Малько Валерий Анатольевич

34.Креппо Юрий Владимирович

35.Мусайбеков Асхат Гайнуллаулы

36.Смирнов Андрей Владимирович

37.Чистяков Тимур Игоревич