

*Безопасность веществ
и материалов*

*Безопасность конструкций,
зданий и сооружений*

*Медико-биологические аспекты
безопасности*

*Общие вопросы
пожарной безопасности*

*Методы и средства
обеспечения безопасности*

*Пожарная
и промышленная безопасность*

Охрана труда

*Снижение рисков и ликвидация
последствий чрезвычайных ситуаций*

*Охрана окружающей среды
Экологическая безопасность*

*Проблемы и перспективы
предупреждения
чрезвычайных ситуаций*

*Мониторинг и прогнозирование
природных и техногенных рисков*

Пожарная техника

*Информационные технологии
Информационное обслуживание
и технические средства обеспечения
информационных процессов*

*Физико-химические аспекты
безопасности*

*Высшая математика
Прикладная математика*

*Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ*

*Экономические
и организационно-управленческие
проблемы безопасности*

*Аудит безопасности
Системный анализ
Оценка и управление рисками*

*Подготовка специалистов
МЧС России:
гуманитарные аспекты*

Образовательные технологии

ISSN 2226-700X

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Журнал включен в
«Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК при
Минобрнауки России»

№ 2 (27), 2018



||

**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Издается с 2011 года

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия), Международном каталоге периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (США), размещается на платформе научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» (Россия).

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: Калач Андрей Владимирович, д-р хим. наук, профессор,
Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Члены редколлегии:

Андронов Владимир Анатольевич, д-р техн. наук, проф., Национальный университет гражданской защиты Украины (Украина, г. Харьков)

Барбин Николай Михайлович, д-р техн. наук, проф., Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Екатеринбург)

Бутман Михаил Федорович, д-р физ.-мат. наук, проф., Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, г. Иваново)

Валуев Николай Прохорович, д-р техн. наук, проф., Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, г. Химки)

Дешевых Юрий Иванович, д-р техн. наук, МЧС России, Департамент надзорной деятельности (Россия, г. Москва)

Камлюк Андрей Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доц., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Минск)

Ковтун Вадим Анатольевич, д-р техн. наук, проф., Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Гомель)

Корневский Николай Алексеевич, д-р техн. наук, проф., Юго-Западный государственный университет (Россия, г. Курск)

Лопанов Александр Николаевич, д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет (Россия, г. Белгород)

Манохин Вячеслав Яковлевич, д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (Россия, г. Воронеж)

Меньших Валерий Владимирович, д-р физ.-мат. наук, проф., Воронежский институт МВД России (Россия, г. Воронеж)

Овсяник Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., Научно-техническое управление МЧС России (Россия, г. Москва)

Платонов Игорь Артемьевич, д-р техн. наук, проф., Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С. П. Королева (Россия, г. Самара)

Прус Юрий Витальевич, д-р физ.-мат. наук, проф., Академия ГПС МЧС России (Россия, г. Москва)

Полевой Василий Григорьевич, канд. воен. наук, доц., Академия гражданской защиты МЧС России (Россия, г.о. Химки)

Ресснер Франк, д-р естеств. наук, проф., Ольденбургский университет (ФРГ, г. Ольденбург)

Рудаков Олег Борисович, д-р хим. наук, проф., Воронежский государственный архитектурно-строительный университет (Россия, г. Воронеж)

Sumets Pavel PhD in Engineering, The University of Auckland, New Zealand

Селеменев Владимир Федорович, д-р хим. наук, проф., Воронежский государственный университет (Россия, г. Воронеж)

Столжко Наталья Юрьевна, д-р хим. наук, проф., Уральский государственный экономический университет (Россия, г. Екатеринбург)

Сумина Елена Германовна, д-р хим. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского (Россия, г. Саратов)

Тростянский Сергей Николаевич, д-р техн. наук, доц., Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (Россия, г. Воронеж)

Федянин Виталий Иванович, д-р техн. наук, проф., Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Шарапов Сергей Владимирович, д-р техн. наук, доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, г. Санкт-Петербург)

Редакторы: Дьякова Юлия Михайловна

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94015.

Подписано в печать __. __. 2018. Усл. печ. л. 5,8. Тираж 500 экз. Заказ №70.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-70660 от 15.08.2017.

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231, ком. 1214;
тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik_vi_gps@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

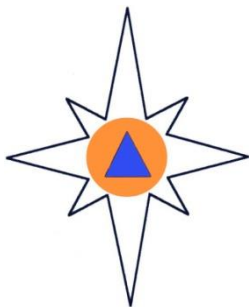
Безопасность веществ и материалов.....	7
Исследование зольного остатка методом флуоресцентной спектроскопии при отработке версии о поджоге <i>Гапоненко М.В., Долгушина Л.В., Мельник А.А.....</i>	7
Исследование свойств теплоотражающего покрытия на основе силоксанов для боевой одежды пожарного <i>Никифоров А.Л., Шарбанова И.Ю., Ульева С.Н., Сорокин Д.В., Спиридонова В.Г.....</i>	12
Пожарная и промышленная безопасность.....	17
Особенности эксплуатации автоматических средств противопожарной защиты транспортных сооружений метрополитена <i>Павлов Д.И., Бороздин С.А., Гитцович Г.А, Флерчук А.В.....</i>	17
Анализ основных причин пожаров в сельской местности в Российской Федерации <i>Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В., Кондашов А.А., Удацова Е.Ю...</i>	27
Огнетушащая эффективность установок пожаротушения тонкораспыленной водой с оросителями с соударяющимися струями <i>Сперанский А.А., Мамагин С.В., Бороздин С.А, Алешин Э.Л.....</i>	34
Определение огнетушащей эффективности опытного образца судовой системы пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды для защиты машинных и машинно-котельных отделений <i>Сперанский А.А., Мамагин С.В., Павлов Д.И.....</i>	40
Снижение рисков и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.....	45
Аварии на радиационно, химически и биологически опасных объектах: прошлое, настоящее, будущее <i>Иноземцев В.А., Ковба В.И., Чугунов Е.А., Шишко Н.А.....</i>	45
Проблемы и перспективы предупреждения чрезвычайных ситуаций.....	56
О возможном подходе к оценке эффективности и востребованности профилактических мероприятий в области пожарной безопасности <i>Андреев Ю.А., Елфимова М.В., Мельник А.А., Ширинкин П.В., Батуро А.Н.</i>	56

Мониторинг и прогнозирование природных и техногенных рисков.....	62
Особенности прогнозирования пожарной опасности лесных массивов центральной части России <i>Зейнетдинова О.Г., Шарабанова И.Ю., Шипилов Р.М., Данилов П.В.....</i>	62
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.....	65
Применение метода экспоненциального сглаживания для прогноза среднего времени тушения пожара в сельской местности Российской Федерации <i>Кайбичев И.А., Кайбичева Е.И., Калач Е.В.....</i>	65
Математическое моделирование пространственного движения трехзвенного инсектоптера <i>Поляков Р.Ю., Бокадаров С.А.....</i>	70
Аудит безопасности. Системный анализ. Оценка и управление рисками.....	77
Построение модели прогнозирования количества дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации <i>Есина М.Г., Хонгорова О.В., Шарабанова И.Ю., Базанов С.В.....</i>	77
Оценка потенциального пожарного риска для оператора резервуарного парка от воздействия опасных факторов пожара <i>Шевцов С.А., Быков И.А., Еськова Н.В., Владимиров Д.И., Балтабаев Д.Р.</i>	82
Подготовка специалистов МЧС России: гуманитарные аспекты.....	89
К вопросу о современных тенденциях в иноязычной подготовке специалистов МЧС России <i>Могильниченко С.В.....</i>	89
Правила для авторов.....	93

CONTENTS

Safety of substances and materials.....	7
Investigation of the ash residue using the fluorescence spectroscopy method in the development of the version on arson <i>Gaponenko M.V. Dolgushina L.V., Melnik A.A.....</i>	7
The study of the properties of heat-reflecting coatings based on siloxanes for fighting fire clothing <i>Nikiforov A.L., Sharabanova I.U., Ulyeva S.N., Sorokin D.V., Spiridonova V.H.....</i>	12
Fire and industrial safety.....	17
Features of operation of the automatic means of fire-prevention protection of transport structures underground <i>Pavlov D.I., Borozdin S.A., Gittcovich G.A., Flerchuk A.V.....</i>	17
Analysis of main causes of fire in rural location in the Russian Federation <i>Poroshin A.A., Kharin V.V., Bobrinev E.V., Kondashov A.A., Udavtsova E.Y.....</i>	27
Fire-extinguishing efficiency of fire extinguishing units with thin open water with fillers with conjugating jets <i>Speransky A.A., Mamagin S.V. Borozdin S.A, Aleshin E.L.....</i>	34
Determination of fire extinguishing efficiency of the experimental sample of ship system of fire-fighting with use of thin open water for protection machine and machine-boiler departments <i>Speransky A.A., Mamagin S.V., Pavlov D.I.....</i>	40
Reducing risks and eliminating the consequences of emergencies	45
Accidents at radiation, chemically and biologically hazardous facilities: past, present and future <i>Inozemtsev V.A., Kovba V.I. Chugunov E.A., Shishko N.A.....</i>	45
Problems and prospects of emergency prevention.....	56
About the possible approach to the effectiveness's evaluating and the relevance of preventive measures in the field of fire safety <i>Andreev Y.A. Elfimova M.V., Melnik A.A., Shirinkin P.V., Baturu A.N.....</i>	56

Monitoring and forecasting of natural and man-made risks.....	62
Features of forecasting of fire danger of forests of the central part of Russia <i>Zeynetdinova O.G., Sharabanova I.U., Shipilov R.M. Danilov P.V.....</i>	62
Mathematical modeling, numerical methods and program complexes.....	65
Application of the method of exponential smoothing for the prediction of the average time of fire suppression in rural areas of the Russian Federation <i>Kaibichev I.A., Kaibicheva E.I., Kalach E.V.....</i>	65
Mathematical modeling of spatial movement of three-tier insertafter <i>Polyakov R.Y., Bokadarov S.A.....</i>	70
Security audit. System analysis. Risk assessment and management.....	77
Construction of a model for predicting the quantity of road transport accidents in the Russian Federation <i>Esina M.G., Khongorova O.V., Sharabanova I.Yu., Bazanov S.V.....</i>	77
Assessment of potential fire risk for the operator of the reservoir park from influence of dangerous factors of the fire <i>Shevtsov S.A., Bykov I.A., Vladimirov D.I., Baltabayev D.R.....</i>	82
Training of EMERCOM specialists: humanitarian aspects.....	89
To the contemporary trends in language teaching of specialists of EMERCOM of Russia <i>Mogilnichenko S.V.....</i>	89
GUIDELINES FOR AUTHORS.....	93



БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 343.98.062

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЕРСИИ О ПОДЖОГЕ

М.В. Гапоненко, Л.В. Долгушина, А.А. Мельник

В статье приводятся результаты исследований зольного остатка методом флуоресцентной спектроскопии, а именно: проанализировано влияние на спектры флуоресценции зольного остатка различных напольных покрытий, используемых при отделке жилых квартир, горючих материалов, горевших на поверхностях образцов, с применением инициатора горения. При исследовании установлено, что метод флуоресцентной спектроскопии, в условиях наличия на поверхности образца фрагментов пенополиуретана, не позволяет точно определить следы интенсификатора горения (керосина) по причине наложения на его спектр спектров различных веществ, входящих в состав используемого горючего материала.

Ключевые слова: флуоресценция, флуоресцентная спектроскопия, акселеранты, инициаторы поджога, горючие материалы, зольный остаток.

На сегодняшний день существует достаточно широкий перечень методов исследования, применяемых в пожарно-технической экспертизе для анализа вещественных доказательств различной природы. В делах о пожарах, где есть вероятность возникновения горения в результате его искусственного инициирования с применением интенсификаторов горения, в качестве объекта-носителя может выступать зольный остаток.

Определить наличие следов акселерантов на месте пожара позволяют органолептические и полевые методы исследования [1,3,4], после чего производится отбор проб и их диагностика на базе Испытательной пожарной лаборатории (ИПЛ).

Флуоресцентная спектроскопия является одним из эффективных методов анализа зольного остатка и позволяет обнаружить следы выгоревших легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

В [2] мы уже рассматривали сущность данного метода анализа и его достоинства. Также в [2] нами были приведены результаты исследования зольных остатков некоторых видов напольных покрытий, подверженных термическому воздействию без использования инициаторов горения и с применением осветительного керосина и одеколona «Шипр».

Далее мы решили посмотреть, как влияет наличие горючих материалов, имитирующих вещную обстановку квартиры, на состав зольного

остатка, отобранного с полученных образцов.

В работе также использовался спектрофлуориметр «Флуорат-02-Панорама» (рабочий диапазон длин волн 270 – 440 нм).

Объектами пожара были выбраны модели пола из деревянного настила, деревянного настила, покрытого ламинированной доской, а также деревянного настила пола, покрытого резиновым линолеумом. В каждую модель были добавлены горючие материалы, имитирующие элементы мягкой мебели (диван). В качестве интенсификатора горения - осветительный керосин марки ТС-1, изготовитель - ОАО «Омский НПЗ», г. Омск.

Согласно требованиям для проведения флуоресцентного исследования полученных зольных остатков в работе использовался растворитель н-гексан «особо чистый» (ОСЧ), выпускаемый НПК «Криохром» в г. Санкт-Петербурге.

В работе [2] были получены спектры флуоресценции образцов зольного остатка моделей полов, подвергшихся термическому воздействию с применением осветительного керосина. На спектрах (рис. 1) видно, что в областях: для (а) 270-290 нм, для (б) 270-300 нм и для (в) 300-340 нм имеются полосы, характерные для моноароматических углеводородов. Кроме того, важно отметить, что в спектре флуоресценции рис. 1в наблюдается bathochromный сдвиг полосы данной полосы.

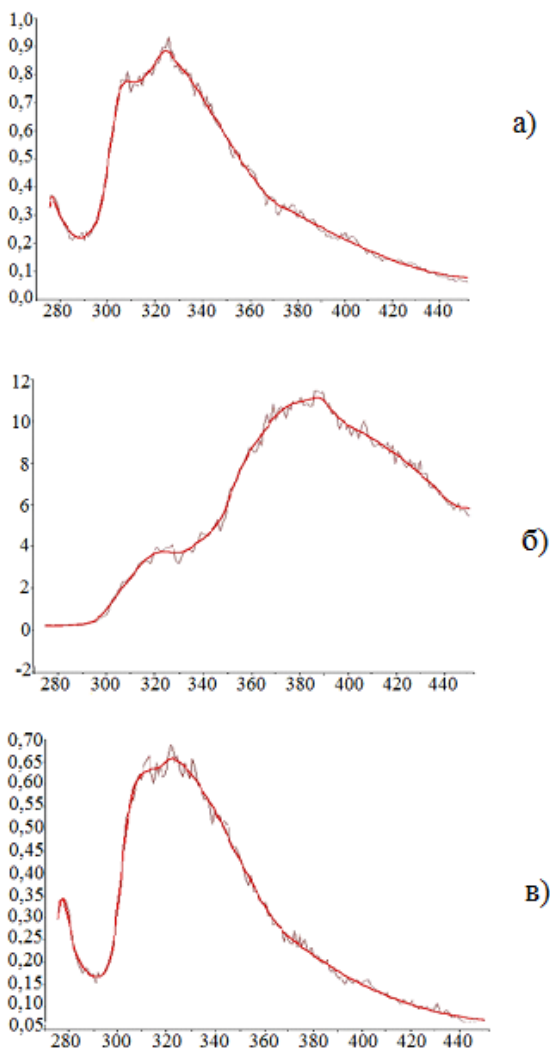


Рис. 1. Спектры флуоресценции зольного остатка образцов пола из: а) деревянного настила; б) резинового линолеума; в) ламинированной доски, подвергшихся термическому воздействию с применением инициатора горения (осветительный керосин ТС-1)

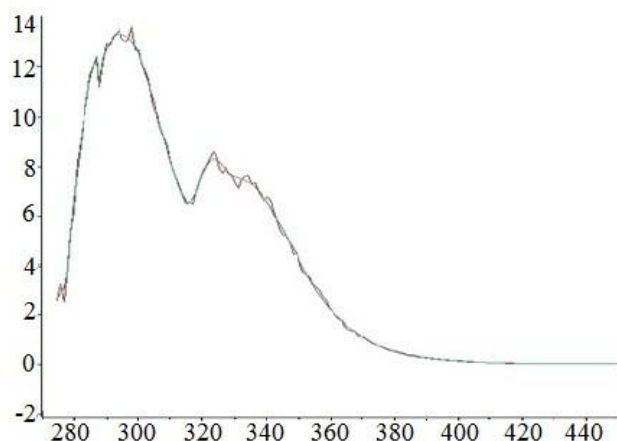


Рис. 2. Спектр флуоресценции не горевшего осветительного керосина марки ТС-1, изготовитель ОАО «Омский НПЗ», г. Омск

Спектр флуоресценции исходного не горевшего керосина представлен на рис. 2, из которого видно, что керосин имеет полосу флуоресценции в области 280-300 нм, которая характерна для моноароматических углеводородов, и, в области 315-345 нм, полосу, характерную для бициклических ароматических углеводородов, таким образом, осветительный керосин относится к светлым нефтепродуктам, т.к. имеет два интенсивных максимума в области моноароматических углеводородов и максимум в области бициклических ароматических углеводородов [2].

В ходе исследования нами были получены спектры флуоресценции зольных остатков образцов видов пола с горевшими на поверхности горючими материалами, такими как пенополиуретан и ткань, имитирующими конструкцию дивана (рис. 3). При получении данных проб интенсификатор горения не применялся.

На полученном спектре зольного остатка соснового настила и пенополиуретана (рис. 3а) область флуоресценции в диапазоне длин волн 340-370 нм предполагает нахождение в исследуемом образце поликолов и полиизоанатов (продуктов нефтяной природы), являющихся производными пенополиуретана.

Спектр линолеума (рис. 3б) отражает зону флуоресценции в диапазоне 340-370 нм, что предполагает нахождение в пробе продолжительно продуктов тяжелых фракций нефти, входящих в состав подложки линолеума, а также производных пенополиуретана.

На спектре зольного остатка выгоревших ламинированной доски и горючих материалов (рис. 3в) зона флуоресценции находится в диапазоне 320-360 нм, что также предполагает нахождение производных пенополиуретана.

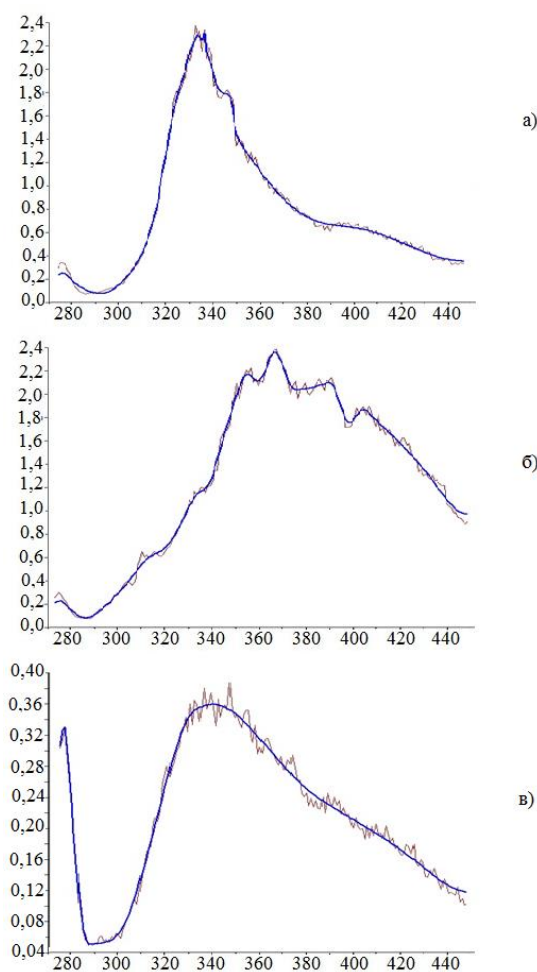


Рис. 3. Спектры флуоресценции зольного остатка образцов пола из: а) деревянного настила; б) резинового ленолеума; в) ламинированной доски, подвергшихся термическому воздействию без использования инициатора горения

Далее нами были получены спектры флуоресценции зольных остатков образцов, подверженных термическому воздействию с применением инициатора горения (рис.4).

На спектре зольного остатка рис. 4а видно, что область наибольшей флуоресценции находится в диапазоне длины волны 330-370 нм, что скорее всего предполагает нахождение в исследуемом образце поликолов и полиизоанатов (продуктов нефтяной природы), которые являются производными пенополиуретана, тогда как полоса, характерная для моноароматических углеводов, не определяется.

На рис. 4б наблюдается несколько зон флуоресценции: первая зона в диапазоне волн от 300 до 330 нм, вторая зона - от 340 до 370 нм - может свидетельствовать о наличии в пробе смесевых растворителей. Третья зона флуоресценции наблюдается в диапазоне от 390 до 410 нм, что скорее всего предполагает нахождение в исследуемом образце продолжительно поликолов и полиизоанатов (продуктов нефтяной природы),

являющихся производными пенополиуретана. Следы моноароматических углеводов также не определяются.

В спектре рис. 4в также наблюдается несколько зон флуоресценции: 300-330 нм, 340-370 нм, 370-390 нм. Вторая область, так же как и в случае с образцом ламинированной доски, может свидетельствовать о наличии в пробе смесевых растворителей, а третья предполагает нахождение в исследуемом образце продолжительно тяжелых фракций нефти, входящих в состав подложки линолеума или нахождение в исследуемом образце поликолов и полиизоанатов (продуктов нефтяной природы), являющихся производными пенополиуретана.

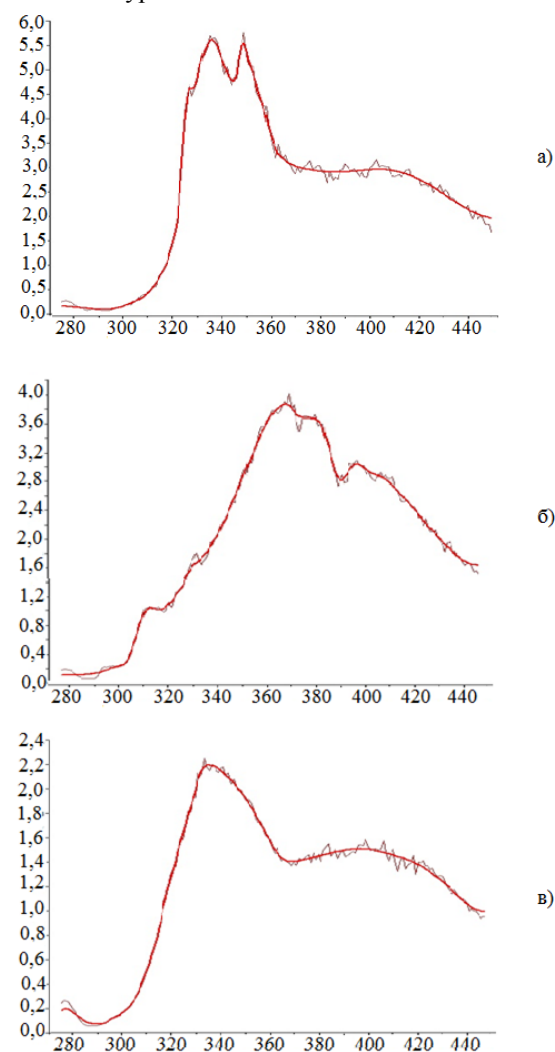


Рис. 4. Спектры флуоресценции зольного остатка образцов пола из: а) деревянного настила; б) резинового ленолеума; в) ламинированной доски, с горевшими на поверхности образца горючими материалами (пенополиуретан и ткань), имитирующими конструкцию дивана, подвергшихся термическому воздействию с применением инициатора горения (осветительный керосин ТС-1)

Таким образом, проведя анализы экстрактов зольного остатка полученного после горения образцов пола с имитирующими вещную обстановку квартиры горючими материалами в виде пенополиуретана и ткани с применением инициатора горения методом флуоресцентной спектроскопии, можно сказать, что полученные спектры флуоресценции экстрактов зольного остатка отличаются от спектров зольных остатков, отобранных после горения образцов пола.

Библиография

1. Шарпов С.В., Захматов В.Д., Калач А.В. и др. *Экспертное исследование и ликвидация последствий пожаров нефтепродуктов. Монография* // СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2017. – 166 с.
2. Галишев М.А., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А. и др. *Пожарно-техническая экспертиза: учебное пособие / под общей ред. О.М. Латышева. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2013. – 108 с.*
3. Гапоненко М.В. *Использование метода флуоресцентной спектроскопии при анализе зольного остатка в целях пожарно-технической экспертизы / М.В. Гапоненко, Р.Ф. Ворошилов, Л.В. Долгушина // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. - №1. - С. 17 - 22. - Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_17-22.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.*
4. Чешко И.Д. *Техническое обеспечение расследования поджогов, совершенных с применением инициаторов горения: учебно-методическое пособие / И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2002. - 130 с.*
5. Чешко И.Д., Плотников В.Г. *Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х книгах. Кн. 2. – Санкт-Петербург: СПбФ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. – 364 с.*

По результатам проведенного исследования можно констатировать, что в анализируемых образцах обнаружены продукты нефтяной природы, свойственные для производных пенополиуретана, а определение области, характерной для моноароматических углеводородов, затрудняется по причине наложения на спектр моноароматических углеводородов спектров различных смесевых растворителей и тяжелых фракций продуктов нефтепереработки.

References

1. SHarapov S.V., Zahmatov V.D., Kalach A.V. i dr. *EHkspertnoe issledovanie i likvidaciya posledstvij pozharov nefteproduktov. Monografiya* // SPb.: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii, 2017. – 166 s.
2. Galishev M.A., Bel'shina YU.N., Dement'ev F.A. i dr. *Pozharno-tehnicheskaya ehkspertiza: uchebnoe posobie / pod obshchej red. O.M. Latysheva. - SPb.: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii, 2013. – 108 s.*
3. Gaponenko M.V. *Ispol'zovanie metoda fluorescentnoj spektroskopii pri analize zol'nogo ostatka v celyah pozharno-tehnicheskoy ehkspertizy / M.V. Gaponenko, R.F. Voroshilov, L.V. Dolgushina // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. – 2018. - №1. - С. 17 - 22. - Rezhim dostupa: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_17-22.pdf, svobodnyj. – Zagl. s ehkrana. — YAz. rus., angl.*
4. CHeshko I.D. *Tekhnicheskoe obespechenie rassledovaniya podzhogov, sovershennyh s primeneniem iniciatorov goreniya: uchebno-metodicheskoe posobie / I.D. CHeshko. – M.: VNIPO, 2002. - 130 s.*
5. CHeshko I.D., Plotnikov V.G. *Analiz ehkspertnyh versij vzniknoveniya pozhara: v 2-h knigah. Kn. 2. – Sankt-Peterburg: SPbF FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2012. – 364 s.*

INVESTIGATION OF THE ASH RESIDUE USING THE FLUORESCENCE SPECTROSCOPY METHOD IN THE DEVELOPMENT OF THE VERSION ON ARSON

The results of investigations of the ash residue by the method of fluorescence spectroscopy are presented in the article, namely, the influence of various floor coverings used in the finishing of residential apartments, combustible materials burned on the surfaces of samples, on the fluorescence spectra of the ash residue with the combustion initiator is analyzed. It was established that the method of fluorescence spectroscopy, in the presence of fragments of polyurethane foam on the surface of the sample, does not make it possible to accurately determine the traces of the combustion intensifier (kerosene) due to the superposition on its spectrum of spectra of various substances that make up the combustible material used.

Key words: *fluorescence, fluorescence spectroscopy, accelerants, initiators of arson, combustible materials, ash residue.*

Гапоненко Мария Викторовна,

*ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
+79831690469,*

e-mail: mariiagaponenko@gmail.com,

Gaponenko M.V.,

*FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Долгушина Любовь Викторовна,

кандидат химических наук, доцент,

*ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
+79135077937;*

e-mail: ldolgushina@gmail.com

Dolgushina L.V.,

candidate of chemical sciences, associate professor,

*FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Мельник Антон Анатольевич,

кандидат технических наук, доцент,

заместитель начальника по научной работе – начальник научно-технического центра,

*ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,*

+79339993301;

e-mail: melnik@sibpsa.ru,

Melnik A.A.,

candidate of technical sciences, associate professor,

deputy head of scientific work - head of the scientific and technical center,

*FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОТРАЖАЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ СИЛОКСАНОВ ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО

А.Л. Никифоров, И.Ю. Шарбанова, С.Н. Ульева, Д.В. Сорокин, В.Г. Спиридонова

В статье представлены результаты исследования негорючего пленочного теплоотражающего покрытия с огнезащитными свойствами на основе композиционных материалов из силоксанов с различными добавками. Разработка эффективных негорючих теплоотражающих покрытий на основе современных полимеров и соответствующих добавок позволит улучшить эксплуатационные свойства боевой одежды пожарного.

Применение боевой одежды пожарного с улучшенными теплозащитными характеристиками позволит повысить уровень безопасности при работе пожарного и снизить производственный травматизм.

Ключевые слова: специальная защитная одежда пожарного, температурно-влажностный режим, боевая одежда пожарного, силоксаны, теплоизоляционное покрытие.

По статистическим данным за период времени с 2011 по 2016 год был зарегистрирован 41 случай гибели сотрудников ФПС ГПС на пожаре. Проанализировав данные по летальным исходам, было определено, что основной причиной гибели на пожаре сотрудников ФПС ГПС является воздействие повышенной температуры на организм человека [3].

Основным средством защиты пожарного от воздействия высокой температуры при пожаре является боевая одежда пожарного.

Боевая одежда пожарного: комплект многослойной специальной защитной одежды общего назначения, состоящий из куртки, брюк (полукомбинезона) и предназначенный для защиты пожарного от опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, а также от неблагоприятных климатических воздействий [1].

Используемая в настоящее время большинством пожарных подразделений боевая одежда пожарного во многом не соответствует современным требованиям и не обеспечивает должной защиты пожарного от опасных факторов пожара. Материалы для изготовления боевой одежды и защиты пожарного от действия высокой температуры, а также неблагоприятных условий окружающей среды были разработаны в конце 20-го столетия и поэтому морально устарели.

До конца 80-х годов для изготовления боевой одежды пожарного использовался только брезент или материал с полимерным пленочным покрытием винилискожа-Т, однако со временем стало понятно, что по эксплуатационным показателям данные виды материалов не в состоянии обеспечить надежную защиту в связи с многообразием и сложностью оперативно-тактических задач при тушении пожаров.

На сегодняшний день в производстве материалов для наружного слоя боевой одежды

пожарных распространены материалы с полимерным пленочным покрытием. Тканевой основой для них служат мета- и параарамидные ткани с меньшей поверхностной плотностью (до 150 г/м²). В качестве полимерных покрытий используют резинотехнические композиции на основе силиконовых эластомеров (кремнийорганические полимеры), а также другие многослойные каучуковые композиции. В качестве теплоизоляционных материалов боевой одежды используются шерстяные войлоки, а также шерстяные и полушерстяные ватины [2].

Во ВНИИПО были разработаны рекомендации по улучшению эксплуатационных свойств комплекта за счет использования в них новых материалов. Анализ данных мероприятий показал, что улучшения не затронули вопросов, связанных с защитой пожарных от высоких температур [2].

Разработка эффективных негорючих теплоотражающих покрытий на основе современных полимеров и соответствующих добавок позволит улучшить эксплуатационные свойства боевой одежды пожарного.

Для создания БОП, отвечающей современным требованиям, необходимо проведение исследований теплоотражающего покрытия для увеличения теплоотражающих свойств наружного слоя боевой одежды пожарного.

Основной задачей создания огнестойких тканей является создание необходимого комплекса свойств, которые будут соответствовать всем областям, где применяются такие ткани. Для решения задачи нужно выбрать сырье, свойства, параметры строения и технологии изготовления которого рационально сочетаются с исходными. В качестве специального покрытия могут быть использованы кремнийорганические полимеры как материалы, обладающие повышенной устойчивостью

к действию высоких температур. Силоксаны применяются также при изготовлении покрытий для различных поверхностей, в частности, на их основе изготавливается специальная огнезащитная обработка. Силоксаны характеризуются большой сжимаемостью и устойчивостью к окислению, выдерживают действие высоких температур. Стабильность силоксановых поверхностей при высокой температуре может быть достигнута метиллированием гидроксильных групп в молекуле силоксана [4].

В настоящее время наиболее перспективным направлением является применение либо двухслойных материалов (внешний слой изготавливается из огнестойких волокон – СВ, арамид, ариamid, внутренний – из шерсти), либо смесовых материалов с различным содержанием (от 20 до 60%) шерсти с огнезащитной пропиткой [5-7]. Наиболее перспективным материалом покрытия следует признать кремнийорганические полимеры, как наиболее стойкие и инертные в химическом отношении, в том числе и к термодеструкции.

Основываясь на предположениях, высказанных по итогам проведенного анализа литературных источников, была проведена предварительная экспериментальная проверка предложенной гипотезы, что наиболее перспективным материалом покрытия следует признать кремнийорганические полимеры, как наиболее стойкие и инертные в химическом отношении, в том числе и к термодеструкции.

Целью данной работы стало исследование свойств теплоотражающих покрытий на основе силоксанов на устойчивость к тепловому потоку, на примере нанесения на материал боевой одежды пожарного.

Объектом исследования является разработка негорючего пленочного теплоотражающего покрытия с огнезащитными свойствами на основе композиционных материалов из силоксанов с различными добавками.

Данные составы были взяты из соображения наиболее подходящих характеристик термостойкости и теплопроводности. В качестве базового защитного материала использовался материал на основе целлюлозосодержащих тканей, на поверхность которого наносился слой теплоотражающего покрытия из жидкого кремнийорганического полимера с добавками различных пигментов. Было проведено две серии экспериментов с нанесением теплозащитного покрытия толщиной пленочного покрытия на ткани 0,5 мм и 1 мм.

Эксперимент проводился на установке, схема которой представлена на рис.1, состоящей из следующих компонентов:

1. Электрокамин «Буг-1». Мощность 500 - 1000 Вт.
2. Штатив – 2 шт.
3. Измеритель плотности теплового потока ИПП-2
4. Секундомер.
5. Образец.



Рис. 1. Установка для определения уровня пропускания теплового потока, по которой проводилось исследование

На начальном этапе исследования в экспериментальной проверке было использовано четыре варианта опытных образцов материалов:

Образец №1 - текстильный материал с теплоизоляционным покрытием с добавлением пигмента белого цвета;

Образец №2 - текстильный материал с теплоизоляционным покрытием с добавлением пигмента серебристого цвета;

Образец №3 - текстильный материал с теплоизоляционным покрытием без добавления пигмента;

Образец №4 - текстильный материал без теплоизоляционного покрытия.

Результаты испытаний теплозащитного покрытия первой серии эксперимента (толщина пленочного покрытия на ткани составляла 1 мм) рис.2, показали, что:

- теплозащитное покрытие с использованием серебристого пигмента-металлика позволяет снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 2,2 раза (с 550 до 250 Вт/м²);

- теплозащитное покрытие с белой добавкой позволило снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 1,8 раз (с 550 до 306 Вт/м²);

- материал без теплоизоляционного покрытия позволил снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 1,5 раза (с 550 до 365 Вт/м²);

- теплозащитное покрытие без добавок позволило снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 1,32 раза (с 550 до 416 Вт/м²);

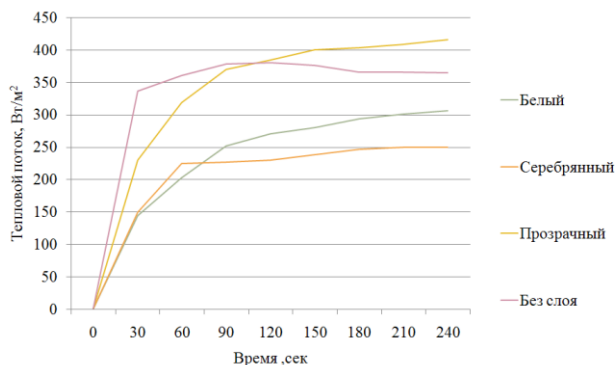


Рис. 2. Зависимость интенсивности теплового потока, проходящего через ткань, от времени

Результаты второй серии испытаний с толщиной пленочного покрытия на ткани 0,5 мм показали (рис.3), что:

- теплозащитное покрытие с пигментом серебрянного цвета позволило снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 10 раз (с 550 до 55 Вт/м²);

- теплоизоляционное покрытие с пигментом белого цвета позволило снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 1,42 раза (с 550 до 387 Вт/м²);

- теплозащитное покрытие без добавления пигментов позволило снизить плотность пропускаемого через материал теплового потока в 1,68 раза (с 550 до 326 Вт/м²);

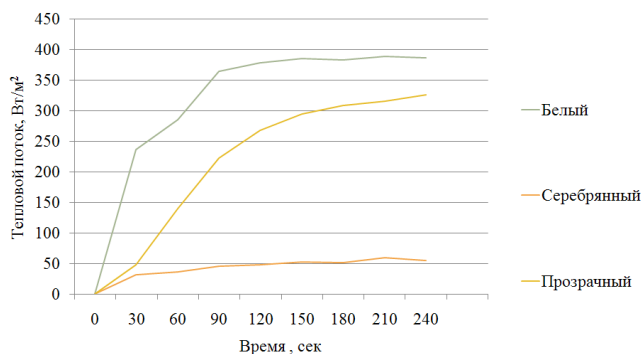


Рис. 3. Зависимость интенсивности теплового потока, проходящего через ткань, от времени

Таким образом, можно сказать, что защитный слой с добавлением пигмента белого цвета и без добавления пигментов не показал высоких результатов и улучшил показатель защиты от теплового потока совсем незначительно. В случае с составом без добавления пигментов было замечено ухудшение защитного действия. Поэтому для дальнейших исследований в рекомендации к использованию они не подлежат.

Исходя из проведенных исследований и полученных результатов, следует отметить, что

наилучшими защитными характеристиками обладает теплоотражающий состав на основе кремнийорганического полимера с добавлением пигмента серебрянного цвета. Данный состав, исходя из приведенных зависимостей интенсивности теплового потока в единицу времени (рис.2-3), показал наилучшие технические результаты по сдерживанию теплового потока, который терял свою интенсивность в 10 раз при сравнении с контрольным образцом ткани без нанесения покрытия. Важно отметить, что значение толщины защитного слоя является определяющей величиной, однако использование покрытий толщиной более 1 мм мы считаем нецелесообразным, так как большая толщина покрытия делает ткань жесткой и неудобной при изготовлении боевой одежды пожарного. Следует также отметить, что при взаимодействии с огнем данное покрытие образует негорючий карбонизованный слой.

Однако даже у данного защитного состава есть свои недостатки. Он имеет плохое вентиляционное свойство (плохо пропускает воздух через себя), тем самым создает изоляционную систему внутри себя. Исходя из этого следует, что защитный слой необходимо наносить в отдельных местах, для того чтобы совершалась циркуляция воздуха внутри боевой одежды пожарного. Данные места следует выбирать исходя из того, какие из участков боевой одежды пожарного наиболее подвержены воздействию теплового потока.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы по работе:

- установлено, что наилучшими защитными характеристиками обладает теплоотражающий состав на основе силиконов с добавлением пигмента серебрянного цвета;

- выявлено, что использование силиконового покрытия повышает защитные свойства с введенным в него пигментом-металликом в 10 раз в отличие от используемых в настоящее время материалов, оптимальная толщина покрытия составляет 0,5 мм;

- предложено использовать для БОП комбинированные покрытия на основе серебристого пигмента, наносимого на лицевую поверхность БОП, на участки, которые наиболее подвергаются тепловому воздействию.

Применение боевой одежды пожарного с улучшенными теплозащитными характеристиками позволит повысить уровень безопасности при работе в условиях повышенных температурных воздействий и, как следствие, снизить производственный травматизм пожарных, увеличить продолжительность нахождения пожарного в зоне воздействия повышенных температур, а применение силиконов позволит увеличить эксплуатационные сроки боевой одежды.

Библиография

1. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Логинов В.И., Архиреев К.Э., Игнатова И.Д., Михайлов Е.С., Доценко Л.А. Результаты исследований и перспектива развития материалов для специальной защитной одежды пожарных / В.И. Логинов, К.Э. Архиреев, И.Д. Игнатова, Е.С. Михайлов, Л.А. Доценко // Пожарная безопасность. - 2012. - №3.
3. Основные статистические показатели по пожарам, произошедшим в 2011-2016 гг. в Российской Федерации.
4. Slater K. The progressive deterioration of textile materials, I: Characteristics of degradation / K. Slater // Journal of the Textile Institute. - 1986. - Vol. 77, № 2. - Pp. 76-87.
5. Таласпаева А.А., Жилисбаева Р.О. Анализ существующих разработок в области проектирования спецодежды пожарных / А.А. Таласпаева, Р.О. Жилисбаева // Молодой учёный. - 2015. - № 12 (92). - С. 329-331.
6. Пустыльник Я.И. Огнестойкие текстильные материалы / Я.И. Пустыльник // Рабочая одежда. - 2010. - №3(34).
7. Фомченкова Л.Н. Современные материалы для специальной одежды / Л.Н. Фомченкова // Текстильная промышленность. - 2009. - №7. - С.15-17.

References

1. GOST R 53264-2009. Tekhnika pozharnaya. Special'naya zashchitnaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.
2. Loginov V.I., Arhiereev K.EH., Ignatova I.D., Mihajlov E.S., Docenko L.A. Rezul'taty issledovaniy i perspektiva razvitiya materialov dlya special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnyh / V.I. Loginov, K.EH. Arhiereev, I.D. Ignatova, E.S. Mihajlov, L.A. Docenko // Pozharnaya bezopasnost'. - 2012. - №3.
3. Osnovnye statisticheskie pokazateli po pozharam, proizoshedshim v 2011-2016 gg. v Rossijskoj Federacii.
4. Slater K. The progressive deterioration of textile materials, I: Characteristics of degradation / K. Slater // Journal of the Textile Institute. - 1986. - Vol. 77, № 2. - Pp. 76-87.
5. Talaspaeva A.A., ZHilisbaeva R.O. Analiz sushchestvuyushchih razrabotok v oblasti proektirovaniya specodezhdy pozharnyh / A.A. Talaspaeva, R.O. ZHilisbaeva // Molodoj uchyonyj. - 2015. - № 12 (92). - S. 329-331.
6. Pustyl'nik YA.I. Ognestojkie tekstil'nye materialy / YA.I. Pustyl'nik // Rabochaya odezhda. - 2010. - №3(34).
7. Fomchenkova L.N. Sovremennye materialy dlya special'noj odezhdy / L.N. Fomchenkova // Tekstil'naya promyshlennost'. - 2009. - №7. - S.15-17.

THE STUDY OF THE PROPERTIES OF HEAT-REFLECTING COATINGS BASED ON SILOXANES FOR FIGHTING FIRE CLOTHING

The article presents the results of a study of non-combustible heat-reflecting film coating with flame retardant properties based on composite materials of siloxanes with various additives. Development of effective non-combustible heat-reflecting coatings on the basis of modern polymers and the corresponding additives will improve the operational properties of the firefighter's combat clothing.

The use of fireman's combat clothing with improved thermal protection characteristics will increase the level of safety during fireman's work and reduce occupational injuries.

Key words: special protective clothing fire, the temperature and humidity conditions, fireman wear, siloxanes, heat-insulating coating.

Никифоров Александр Леонидович,

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК
«Государственный надзор»),
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-920-345-08-10,
e-mail: anikiforoff@list.ru.

Nikiforov A.L.,

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
professor of the fire safety department of defense facilities (as part of the "State Supervision"),
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.

Шарабанова Ирина Юрьевна,

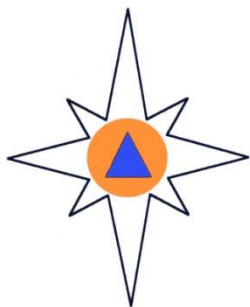
кандидат медицинских наук, доцент,

*заместитель начальника академии по научной работе,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-962-157-49-99,
e-mail: sharabanova@bk.ru,
Sharabanova I.U.,
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
Deputy Head of the Academy for Scientific Work,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Ульева Светлана Николаевна,**
кандидат химических наук,
доцент кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК
«Государственный надзор»),
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
8-910-668-00-38, jivotyagina@mail.ru;
Ulyeva S.N.,
PhD in Chemistry,
Associate Professor of the Fire Safety Department of Defense Facilities (as part of the "State
Supervision"),
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Сорокин Дмитрий Вячеславович,**
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
тел. 8-915-844-29-35,
e-mail: element_37@mail.ru,
Sorokin D.V.,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

***Спиридонова Вероника Гербертовна,**
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
8-915-976-36-57,
nika.spiridonova@yandex.ru.
Spiridonova V.H.,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.842.4

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Д.И. Павлов, С.А. Бороздин, Г.А. Гитцович, А.В. Флерчук

В статье приведены результаты исследований внешних воздействующих факторов (ВВФ) в специфичных условиях подземных сооружений метрополитена, характеризующихся своеобразным микроклиматом, уровнем внешних механических воздействий, высокой энергонасыщенностью, влияющих на устойчивость функционирования автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации в подземных сооружениях метрополитена. Представлены результаты исследований электромагнитной обстановки в подземных сооружениях метрополитена глубокого заложения.

Сравнительный анализ количественных значений таких факторов, как температура, влажность, скорость воздушного потока, пыль, освещенность, вибрация, электромагнитные помехи, полученных при исследованиях, с данными нормативно-технической документации позволяет сделать вывод о том, что в области требований к климатическим и механическим воздействиям, устойчивости к воздушному потоку, воздействию прямого света и электромагнитным помехам автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации, в том числе системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах и других систем пожарной автоматики могут нормально функционировать в подземных сооружениях метрополитена глубокого заложения.

Ключевые слова: *автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации, внешние воздействующие факторы, электромагнитная обстановка, метрополитен, пожарная безопасность.*

В настоящее время большое внимание уделяют мониторингу и прогнозированию рисков пожаров на объектах различного назначения. При этом специалисты стараются охватить комплекс проблем, применяя системный подход к вопросам, связанным с рисками возникновения пожаров и обеспечением выполнения положений Федерального закона [1]. В определениях статьи 2 [1] значатся технические средства, к которым относятся автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации (далее АУПТ и АУПС), в том числе системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах и других систем пожарной автоматики. Жизненный цикл этих технических средств, как и любого изделия, проходит стадии разработки, изготовления, эксплуатации, утилизации. При эксплуатации АУПТ и АУПС подвергаются внешним воздействующим

факторам (далее ВВФ), но при этом они должны выполнять свои функции.

В работе [2] приведены статистические данные, которые свидетельствуют о том, что в подземных сооружениях метрополитена происходит около 50% пожаров от их общего числа. В среднем на 5 км трассы метрополитена происходит один пожар в год. Вместе с тем происходит значительное количество ложных срабатываний систем автоматической противопожарной защиты.

Своевременность обнаружения возгорания на ранней стадии и, как следствие, повышение уровня обеспечения пожарной безопасности людей в подземных сооружениях метрополитена зависят от степени устойчивости аппаратуры автоматических установок пожаротушения и автоматических установок пожарной сигнализации (АУПТ и АУПС) к воздействию внешних воздействующих факторов в

процессе эксплуатации.

В свою очередь устойчивость функционирования АУПС и АУПТ является системной характеристикой, связанной с надежностью каждого из составляющих её элементов и устойчивости АУПТ и АУПС к воздействию внешних воздействующих факторов.

В данной статье рассмотрены следующие компоненты ВВФ.

Согласно нормативно-технической документации [3,4] к ВВФ, влияющим на устойчивость функционирования, относятся следующие факторы:

климатические – повышенная температура, пониженная температура, повышенная влажность, воздушный поток, пыль, агрессивные среды;

механические – вибрация, механический удар, воздействие света (освещенность);

электромагнитные помехи (ЭМП).

В подземных сооружениях Санкт-

Петербурга метрополитена были проведены исследования параметров ВВФ.

Для определения параметров температуры, влажности, освещенности и скорости воздушного потока на станциях, в производственных и бытовых помещениях использовался метод прямых измерений этих параметров с последующей аналитической обработкой полученных результатов и сравнения их с ранее полученными результатами и данными, приведенными в литературных и других источниках.

Контроль за состоянием микроклимата Санкт-Петербургского метрополитена проводился на станциях, отличающихся по срокам их эксплуатации – от 8 до 25 лет. Замеры исследуемых параметров среды выполнялись в подплатформенных коридорах, кабельных коллекторах, в машинных залах и других производственно-бытовых помещениях.

Сводные данные о состоянии микроклимата и воздушной среды в метрополитене представлены в табл.1.

Таблица 1

Состояние воздушной среды в подземных сооружениях и помещениях

Исследуемая среда	Температура воздуха, град. С			Относит. влажность, %	Содержание углекислого газа, %	Содержание пыли, мг/м ³
	сред.	макс	мин			
СПб метрополитен	20,3	25,4	14,8	Средняя 48	От 0,04 до 0,08	0,3 до 3,0
Теплый период года	От 18,0 до 28,0					
Холодный период года	От 10,0 на станциях мелкого заложения до 25,4			От 15 до 75		
Атмосферный воздух, подаваемый	6,6	14,6	-1,0	82	0,03	-

В результате анализа полученных данных установлено, что значение температуры на станциях и в помещениях метрополитена колеблется от минимального значения – 14,8 °С до максимального – 28,0 °С, значение относительной влажности колеблется в диапазоне 15–90%. Для станций мелкого заложения параметры микроклимата зависят от параметров наружного атмосферного воздуха.

Содержание пыли на станциях находится в пределах от 0,5 до 0,9 мг/м³, а в сооружениях и помещениях – в пределах от 0,3 до 3,0 мг/м³. Характеристики пыли: однодисперсная (32% пыли имеет диаметр частиц до 5 мкм), по слипаемости относится ко второй группе – слабослипающаяся, по смачиваемости пыль относится к смачиваемой по классификации на основе метода пленочной флотации. Измеренные значения концентрации углекислого газа составили 0,04–0,08%, максимальная концентрация монооксида углерода достигала 0,012 %.

Скорость воздушных потоков в большинстве помещений, таких как: служебно-бытовые, служебно-технические, эскалаторные станции, а также подплатформенные коридоры, не имеющие открытых каналов, сообщающихся со станцией, не превышает 0,3 м/с.

В подземных сооружениях метрополитена применяются светильники как с лампами накаливания, так и с люминесцентными и светодиодными лампами. В обследуемых помещениях измерялось максимальное значение освещенности. Измеренные значения освещенности находились в пределах от 80 до 600 Лк.

Для получения реальных значений параметров вибрации были проведены измерения линейных уровней виброускорения вдоль подплатформенных помещений – коридоров на расстоянии 1,5 м от пути для станций закрытого типа и на расстоянии 2,5 м от пути на станциях пилонного типа (СТП). Замеры проводились по длине коридора через 20 м. В табл.2 приведены максимальные величины уровней виброускорений в помещениях блок-поста, СТП и машинного зала эскалаторов.

Более высокие значения уровней виброускорений для станций закрытого и односводчатого типа по сравнению со СТП объясняются близостью расположения их подплатформенных коридоров к источнику вибрации – движущемуся подвижному составу. Пиковые значения уровней виброускорения обусловлены характером торможения и ускорения подвижного состава на станции.

Таблица 2

Уровни вибрации в подземных сооружениях метрополитенов

Наименование помещений	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	31,5	63	125	250	500	1000
	Значения уровней виброускорения, м/с ²					
Блок-пост	3·10 ⁻²	1·10 ⁻¹	2,1·10 ⁻¹	4,2·10 ⁻¹	9,3·10 ⁻²	6·10 ⁻²
СТП	3,4·10 ⁻²	1,1·10 ⁻¹	2,4·10 ⁻¹	5,3·10 ⁻¹	1,9·10 ⁻¹	7,5·10 ⁻²
Машинный зал эскалаторов (работа двух машин)	2,4·10 ⁻²	1,5·10 ⁻²	1,7·10 ⁻²	3,0·10 ⁻²	6,7·10 ⁻²	7,5·10 ⁻²

Максимальные значения уровней виброускорения 0,42-0,53 м/с² при подходе и отходе подвижного состава составили и 7,5·10⁻² м/с² в машинном зале эскалаторов [5].

На станции метро «Ладожская» были измерены максимальные значения виброускорения и виброскорости: виброускорение конструкций вестибюля – 0,2 м/с²; виброускорение на тьюбингах наклонного хода – 0,5 м/с²; виброскорость на эскалаторных плитах – 3 мм/с; виброскорость колебаний на полу кабельного коллектора платформенного участка станции – 0,36 мм/с.

При контроле параметров вибрации конструкций расстановка датчиков осуществлялась таким образом, чтобы обеспечить измерение контролируемых параметров в местах, где они имеют наибольшие значения.

На станции метро «ул. Дыбенко»

проводились измерения параметров вибрации на тьюбинговой обделке. Максимальные величины амплитуды вибрации обделки тоннеля составили следующие значения.

При работающих эскалаторах: 10 – 40 мм/с² по ускорению; 0,04 – 0,05 мм/с по скорости; 0,6 – 1,0 мкм по перемещению.

При выключенных эскалаторах: 0,5 – 0,7 мм/с² по ускорению; 0,005 – 0,007 мм/с по скорости; 0,1 – 0,2 мкм по перемещению.

Преобладающие значения частоты вибрации находились в диапазоне от 2,5 до 5,0 Гц.

На станции метро «Озерки» были проведены исследования распределения максимальных значений амплитуд виброускорений по стенам и полу машинного зала и тьюбинга наклонного хода. Результаты исследований приведены в табл.3.

Таблица 3

Количество зарегистрированных значений амплитуд виброускорений

Диапазон значений амплитуд виброускорений, м/с ²	Местоположение точки контроля вибрации	
	Стены и пол машинного зала	Тьюбинги наклонного хода
0,2-0,3	23	190
0,3-0,4	5	101
0,4-0,5	5	40
0,5-0,7	2	27
0,7-1,0	0	8
>1	0	0

Данные таблицы свидетельствуют о том, что максимальное значение амплитуды виброускорения наблюдается на тьюбингах наклонного хода и составляет 1,0 м/с².

Кроме того, измерялись параметры вибраций конструкций, вызванных разработкой мерзлого грунта на поверхности строительной площадки.

Вскрытие мерзлого грунта осуществлялось установкой ударного действия «Rokson», смонтированной на базе экскаватора ЭО 3323. Верхняя часть грунта представляла собой смесь водонасыщенного песка и супеси, смерзшуюся на поверхности после ее извлечения из обсадных труб при изготовлении буронабивных свай. Толщина замороженного слоя грунта – 1,5 м. Минимальное расстояние от места проведения работ до тьюбинга наклонного хода составляло около 28 м.

Зарегистрированные при работе установки сигналы представляли собой последовательность периодически следующих друг за другом импульсов, соответствующих ударам по грунту. Измеренные при работе установки максимальные значения виброускорений на тьюбингах наклонного хода не превысили 0,11 м/с², что меньше допустимого значения 0,15 м/с² по [6].

В ходе исследований установлено, что достаточно хорошо изучены климатические и механические ВВФ, собраны статистические данные по температурному и влажностному режимам за длительный период времени по станциям, производственным и бытовым помещениям. В то же время электромагнитная обстановка в подземных сооружениях метрополитена мало исследована.

Об определении электромагнитной

совместимости, её природе, воздействии ЭМП на технические средства и биологический материал имеется немало литературных данных [7-9].

Требования по ЭМС к АУПС и АУПТ приведены в статье 103 [1], где говорится о том, что технические средства автоматических установок пожарной сигнализации должны быть устойчивы к воздействию электромагнитных помех с предельно допустимыми значениями уровня, характерного для защищаемого объекта, при этом данные технические средства не должны оказывать отрицательное воздействие электромагнитными помехами на иные технические средства, применяемые на объекте защиты. Стандартами определены общие [10, 11] и конкретные [12-18] требования устойчивости технических средств к ЭМП.

В метрополитене измерения и исследования следующих параметров ЭМС проводились методом прямых измерений:

измерения кондуктивных помех в диапазоне частот 0,15-30 МГц и осциллографирование наведенных импульсных помех в шлейфе пожарной сигнализации;

измерения кондуктивных помех в диапазоне частот 0,15-30 МГц и осциллографирование наведенных импульсных помех в шлейфе пожарной сигнализации;

измерения кондуктивных помех в сети электропитания прибора приемно-контрольного

пожарного;

измерения электромагнитных полей в диапазоне частот 30-1000 МГц на объекте размещения прибора приемно-контрольного пожарного;

измерения магнитных полей в диапазоне частот 0-500 Гц на объекте размещения прибора приемно-контрольного пожарного.

В связи с тем что в настоящее время отсутствуют методики поверки регистраторов помех в сети электропитания, выбран метод регистрации и осциллографирования следующих параметров:

импульсных помех в сети электропитания;
отклонений напряжения и частоты сети электропитания.

Полученные данные измерений электромагнитных помех подверглись математической и статистической обработке.

По согласованию со службами Санкт-Петербургского метрополитена для проведения измерений уровня ЭМП были выбраны помещение ДСПТ (дежурной службы), помещение машинного зала, платформа перед входом в помещение ДСПТ на станции метро «Достоевская». В помещении ДСПТ располагался прибор приемно-контрольный пожарный (ППКП). К ППКП были подключены шлейфы пожарной сигнализации с пожарными извещателями. Рядом с помещением ДСПТ располагалась антенна сотовой связи (рис. 1).

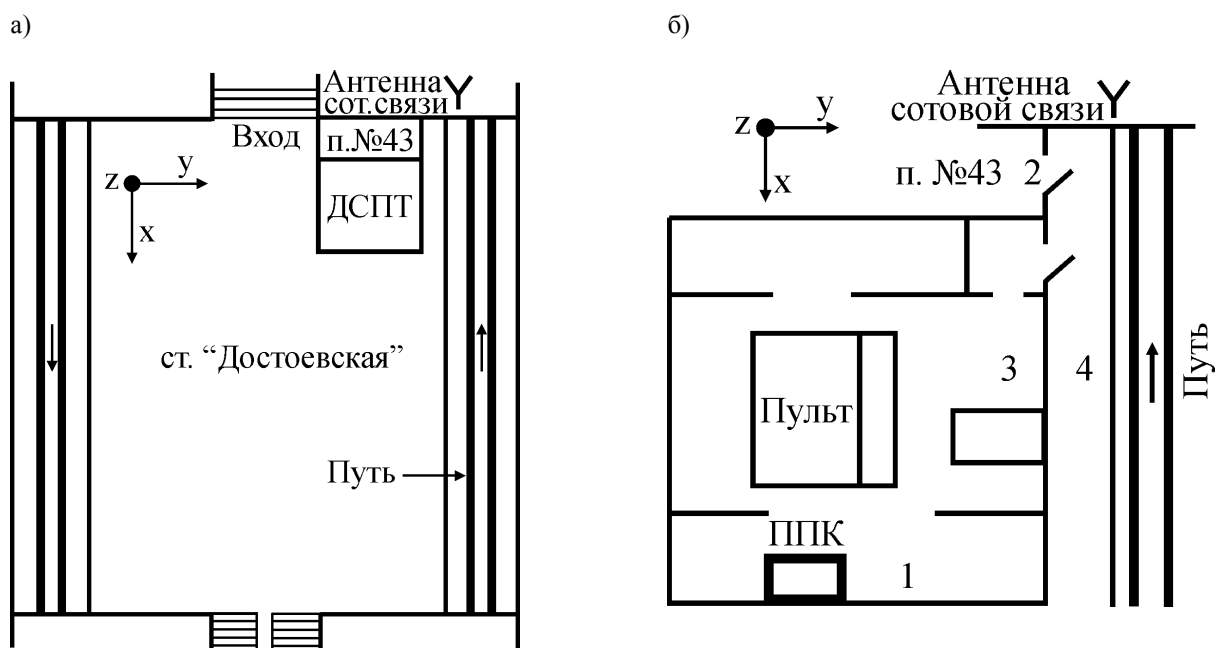


Рис. 1. Расположения помещения ДСПТ и антенны сотовой связи на станции метро «Достоевская» (а), расположение системы пожарной автоматики в помещении ДСПТ (б)

При проведении исследований электромагнитной обстановки проводились измерения следующих параметров.

1. Амплитуды импульсных помех, провалов, повышений напряжения и отклонений частоты в сети электропитания пожарного приемно-контрольного

прибора регистратором событий Fluke в течение 720 часов.

2. Напряжения кондуктивных радиопомех в сети электропитания и шлейфах пожарного приемно-контрольного прибора с помощью измерителя радиопомех SMV-11 в диапазоне частот 0,15-30 МГц

в течение 12 часов.

3. Напряженности электромагнитного поля на объекте размещения прибора приемно-контрольного пожарного измерителем радиопомех SMV-8.5 с антеннами в диапазоне частот 30-1000 МГц в течение 12 часов.

4. Напряженности магнитных полей в диапазоне частот 50-500 Гц и напряженности постоянного магнитного поля на объекте размещения пожарного приемно-контрольного прибора, в машинном зале и на платформе в течение 12 часов.

5. Напряженности импульсного магнитного поля путем осциллографирования осциллографом TDS 2024 напряжения, наводимого в индукционной рамке, с последующей математической обработкой записанной осциллограммы.

6. Определен гармонический состав питающего напряжения при помощи записи осциллограмм напряжения осциллографом TDS 2024 с последующей математической обработкой записанной осциллограммы.

По окончании измерений электромагнитных помех была произведена статистическая обработка полученных результатов.

Всего записано 454 события с 26.04 12:12:24 до 26.05 12:56:48 (всего 720 ч).

Были зарегистрированы следующие события:

увеличение напряжения свыше 242 В;
провалы напряжения ниже 198 В, включая прерывания питания;

импульсные напряжения амплитудой более 200 В между проводами и на проводах относительно земли.

При регистрации импульсных напряжений длительностью более 1 мкс определялось количество импульсов, полярность, амплитуда импульсов и фаза напряжения в сети в момент появления импульсов. При регистрации отклонений действующего значения напряжения определялась величина напряжения и длительность отклонения в периодах питающего напряжения. При регистрации прерываний питания измерялась величина минимального напряжения и длительность прерывания.

Результаты обработки данных приведены на рис.2. Следует отметить, что наибольшее количество событий приходилось на будние дни. Возможно, это связано с уменьшением интенсивности движения подвижного состава в выходные дни и, как следствие, уменьшением энергопотребления.

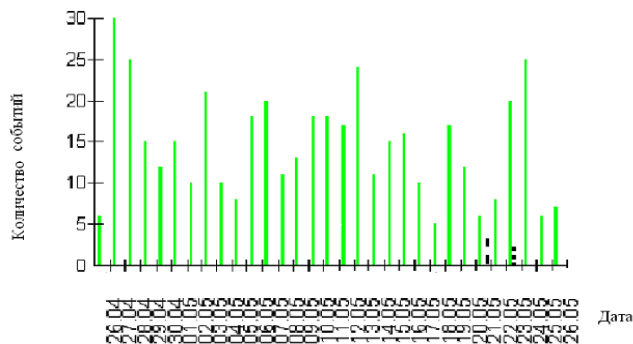


Рис. 2. Распределение количества зарегистрированных событий по датам

Подавляющее количество зарегистрированных событий относится к появлению импульсных помех микросекундных длительностей с амплитудой более 200 В. При этом наблюдаются как симметричные (провод-провод), так и несимметричные помехи (провод-земля). Максимальная амплитуда симметричных помех составляет 1880 В, а несимметричных помех – 2150 В. За сутки наблюдалось от 5 до 30 импульсных помех с амплитудой более 200 В. В большинстве случаев это была пачка помех (несколько импульсов или колебание). Фаза появления импульсов случайна. В большинстве случаев импульс помехи направлен в сторону уменьшения напряжения (рис.3), хотя встречаются и импульсы, увеличивающие напряжение.

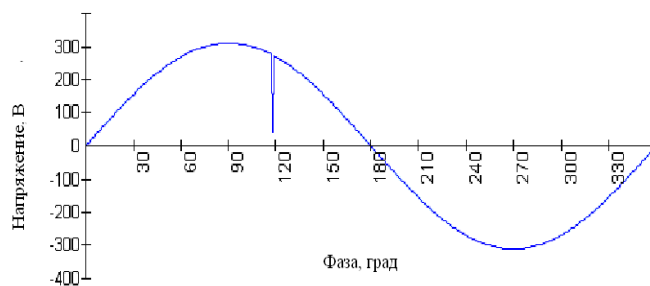


Рис. 3. Положение импульса помехи на синусоиде питающего напряжения

Зарегистрировано лишь несколько импульсов с амплитудой более 1500 В и два провала напряжения $U_{пр}$ до 194 В длительностью 4 и 6 периодов питающего напряжения.

Прерывания питания зарегистрированы три раза, причем все в ночное время при отсутствии движения поездов. Максимальная длительность прерывания $T_{макс}$ составляет 7 минут 44 секунды.

Отклонения частоты питания более чем на 2% не зарегистрировано.

Повышения напряжения более 242 В не зарегистрировано.

Напряжение в питающей сети близко к синусоиде.

Гармоники напряжения и коэффициент несинусоидальности не превышают 2 %.

Индустриальные радиопомехи в сети электропитания переменного тока

Результат измерений напряжения радиопомех U и максимально допустимое требованиями напряжение радиопомех U_{\max} представлены на рис.4. Сплошная линия соответствует уровню эмиссии помех, допускаемому для промышленного оборудования. Пунктирная линия соответствует требованиям Российского Морского Регистра, которые действуют для частот ниже 150 кГц. Уровень радиопомех в сети не представляет опасности для систем пожарной автоматики, которые рассчитаны на воздействие радиочастотных напряжений до 140 дБ.

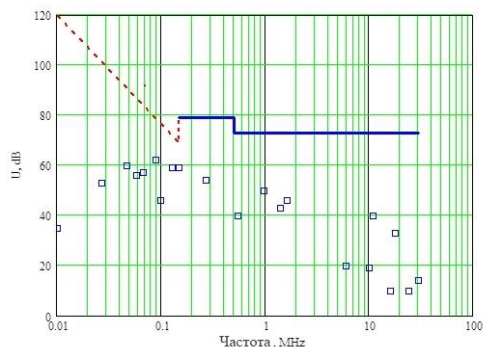


Рис. 4. Квазитиковое значение радиопомех U (значки $\square\square\square$) в дБмкВ в сети электропитания переменного тока, и максимально допустимое требованиями стандартов значение уровня радиопомех U_{\max} в дБмкВ (линии)

Индустриальные радиопомехи в шлейфах сигнализации

Оциллограммы напряжений на шлейфах относительно земли представлены на рис.5-6. Напряжения соответствуют рабочим сигналам при нормальной работе системы пожарной автоматики.

Импульсные напряжения и радиопомехи, превышающие уровни рабочих сигналов в шлейфах, не зарегистрированы.

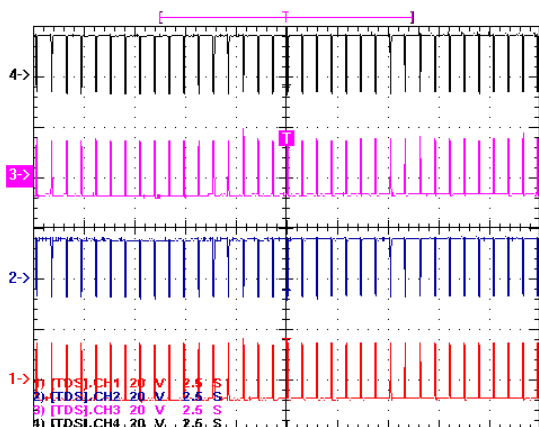


Рис. 5. Напряжения в шлейфах относительно земли в миллисекундном масштабе

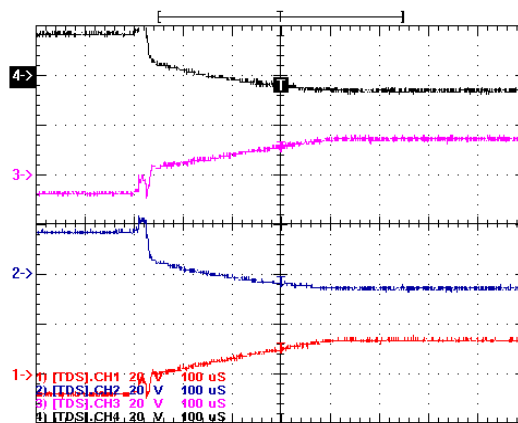


Рис. 6. Напряжения в шлейфах относительно земли в микросекундном масштабе

Напряженность электромагнитного поля радиопомех

Результаты измерений напряженности электромагнитного поля радиопомех E представлены на рис.7-9. Размещение помещения, в котором установлена система пожарной автоматики ППК, место расположения антенны сотовой связи, являющейся источником помех, и расположение точек измерения напряженности электромагнитного поля (точки 1, 2) приведены на рис. 1.

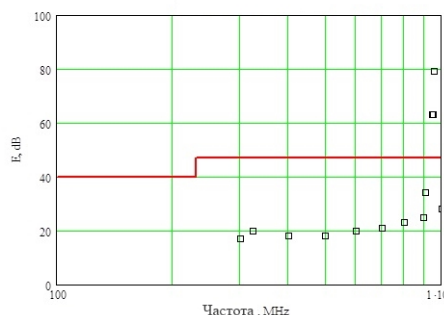


Рис. 7. Квазитиковое значение напряженности электромагнитного поля радиопомех E (значки $\square\square\square$), дБмкВ/м в помещении ДСПТ (точка 1) в диапазоне низких частот

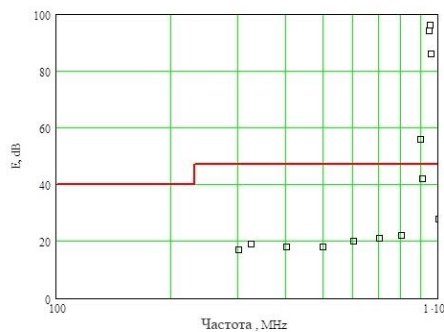


Рис. 8. Квазитиковое значение напряженности электромагнитного поля радиопомех E (значки $\square\square\square$), дБмкВ/м в помещении ДСПТ (точка 1) в диапазоне высоких частот и норма на уровень помех, создаваемых промышленным оборудованием

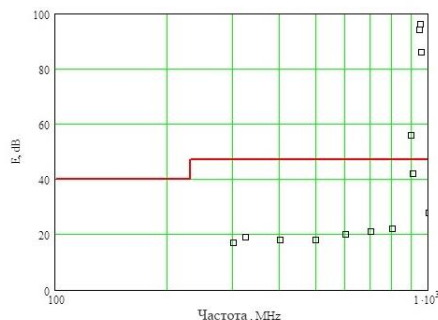


Рис. 9. Квазиточковое значение напряженности электромагнитного поля радиопомех E (значки □□□), дБмкВ/м на входе в служебное помещение на расстоянии 3 м от антенны сотовой связи (точка 2)

в диапазоне высоких частот и норма на уровень помех, создаваемых промышленным оборудованием

Напряженность электромагнитного поля в диапазоне 910-960 МГц в помещении ДСПТ достигает 80 дБ. Зарегистрированное максимальное значение вызвано излучением антенны сотовой связи. Напряженность электромагнитного поля в диапазоне 910-960 МГц на расстоянии 3 м от антенны сотовой связи достигает 100 дБ.

Напряженность магнитного поля

Результаты измерений напряженности магнитного поля H представлены в табл.4-6. Размещения точек измерения приведены на рис.1.

Таблица 4

Напряженность магнитного поля в помещении ДСПТ в месте размещения ППК (точка 1)

Направление поля	Напряженность переменного поля, А/м		Напряженность постоянного поля, А/м	
	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда
Hx	0,3	0,6	2	минус 0,1 до +13
Hу	0,2	1	4	минус 1 до +7
Hz	0,2	1,3	20	минус 0,5 до +30

Таблица 5

Напряженность магнитного поля в помещении ДСПТ у стены, примыкающей к платформе (точка 3)

Направление поля	Напряженность переменного поля, А/м		Напряженность постоянного поля, А/м	
	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда
Hx	0,2	1,7	- 1,3	минус 13,7 до +11
Hу	0,5	2,1	5,2	минус 14,4 до +27
Hz	0,6	1,5	13,4	минус 0,7 до +40

Таблица 6

Напряженность магнитного поля на платформе на расстоянии 1 м от поезда (точка 4)

Направление поля	Напряженность переменного поля, А/м		Напряженность постоянного поля, А/м	
	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда	Фоновое значение	Значение при прохождении поезда
Hx	1,5	5,6	- 21	от минус 48 до минус 25
Hу	2,1	5,4	22	минус 0,4 до +72
Hz	1,4	2,7	16	минус 10 до +72

Напряженность переменного магнитного поля с частотой 50-500 Гц в машинном зале, расположенном под эскалатором, не превышает 2,5 А/м в центре зала, 6,5 А/м на расстоянии 0,5 м от электродвигателей и 32 А/м на расстоянии 5 см от электродвигателей.

Напряженность переменного поля в диапазоне частот 50-500 Гц на расстоянии более 0,5 м от электродвигателей не превышает 7 А/м.

Изменение постоянного магнитного поля происходит в широких пределах и достигает 82 А/м. Влияние этого фактора на системы пожарной автоматики не исследовано.

Электростатическое электричество

Измерения электростатического поля и зарядов в подземных сооружениях метрополитена не проводились. Однако пояснения и рекомендации [13] позволяют определить степени жесткости, которые можно применить к АУПС и АУПТ в подземных сооружениях. Так, например, технические средства могут подвергаться воздействию электростатических разрядов величиной до нескольких киловольт в зависимости от материалов отделки помещений и относительной влажности окружающего воздуха, а также воздействию импульсных электромагнитных полей, когда происходят электростатические разряды

от оператора на расположенные вблизи технические средства, металлические предметы и оборудование. Кроме того, для определения требований помехоустойчивости к электростатическому разряду в качестве основного параметра используются уровни электростатического напряжения, устанавливаемые в соответствии с условиями окружающей среды.

Заключение

Сравнительный анализ количественных значений таких факторов, как температура, влажность, скорость воздушного потока, пыль, освещенность, вибрация, полученных при исследованиях, с данными нормативно-технической документации позволяет сделать вывод о том, что в области требований к климатическим и механическим воздействиям, устойчивости к воздушному потоку, воздействию прямого света и АУПТ и АУПС может нормально функционировать в подземных сооружениях метрополитена.

Анализ требований современных нормативных документов по устойчивости АУПТ и АУПС к воздействию ЭМП и результаты исследований по определению количественных значений электромагнитных факторов в подземных сооружениях метрополитенов показал, что для повышения надежности их работы необходимо

Библиография

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // *Собр. Законодательства РФ*. - 2008. - № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Михайлов В.В., Павлов Д.И., Чуркин И.Н. Проверка с пристрастием исследования климатических и механических факторов, воздействующих на автоматические средства противопожарной защиты по подземных сооружениях метрополитена / В.В. Михайлов, Д.И. Павлов, И.Н. Чуркин // *Безопасность. Достоверность. Информациа*. - 2006. - № 67. - С. 52-55.
3. ГОСТ 26883-86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения. - М., ИПК Изд-во стандартов, 1989.
4. ГОСТ Р 53325-2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
5. Беляцкий В.П., Ильин В.В. Провести исследования и разработать комплекс нормативно-технической и методической документации по обеспечению безопасности эвакуации людей из подземных сооружений метрополитенов / В.П. Беляцкий, В.В. Ильин. - СПб Филиал ВНИИПО, 1984.
6. ВСН 490-87 Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтованных в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки. - М., 1988.
7. Paul C.R. *Introduction to electromagnetic*

следующее:

1) Отнесение АУПТ и АУПС по устойчивости к ЭМП к 3-4 или специальному классу.

2) Отнесение АУПТ и АУПС к 4 или 5 классу условий эксплуатации по [15].

3) Для обеспечения системного уровня помехоустойчивости АУПТ и АУПС принятие дополнительных мер, учитывающих реальные условия эксплуатации, например, применение средств первичной защиты.

4) Обеспечение резервным электропитанием компонентов АУПТ и АУПС, для которых нормами оно не предусмотрено.

5) Выбор критерия качества функционирования предпочтительно – А.

Кроме того, при проведении исследований установлено, что изменения постоянного магнитного поля достигают 82 А/м, а современный нормативный документ по испытаниям на устойчивость АУПС и АУПТ к постоянным магнитным полям отсутствует. Вопрос устойчивости АУПС и АУПТ к постоянным медленно меняющимся магнитным полям требует дополнительного изучения. На данном этапе можно рекомендовать традиционные меры защиты от магнитных полей. Это может быть применение специальных сплавов для корпусов, дополнительное экранирование.

References

1. *Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon ot 22.07.2008 g. №123-FZ; prinyat Gos. Dumoj 04.07.2008; odobr. Sov. Federacii 11.07.2008 // Sobr. Zakonodatel'stva RF*. - 2008. - № 30 (ch. I), st. 3579.
2. Mihajlov V.V., Pavlov D.I., CHurkin I.N. *Proverka s pristrastiem issledovaniya klimaticheskikh i mekhanicheskikh faktorov, vozdeystvuyushchih na avtomaticheskie sredstva protivopozharnoj zashchity po podzemnyh sooruzheniyah metropolitena / V.V. Mihajlov, D.I. Pavlov, I.N. CHurkin // Bezopasnost'. Dostovernost'. Informaciya*. - 2006. - № 67. - S. 52-55.
3. *GOST 26883-86 Vneshnie vozdeystvuyushchie faktory. Terminy i opredeleniya*. - M., IPK Izd-vo standartov, 1989.
4. *GOST R 53325-2012 Tekhnika pozharная. Tekhnicheskie sredstva pozharnoj avtomatiki. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy*. - M., Standartinform, 2014.
5. Belyackij V.P., Il'in V.V. *Provesti issledovaniya i razrabotat' kompleks normativno-tekhnicheskoy i metodicheskoy dokumentacii po obespecheniyu bezopasnosti ehvakuacii lyudej iz podzemnyh sooruzhenij metropolitenov / V.P. Belyackij, V.V. Il'in*. - SPb Filial VNIPO, 1984.
6. *VSN 490-87 Proektirovanie i ustrojstvo svajnyh fundamentov i shpuntovannyh v usloviyah rekonstrukcii promyshlennyh predpriyatij i gorodskoj zastrojki*. - M., 1988.
7. Paul C.R. *Introduction to electromagnetic compatibility / C.R. Paul // A Wiley-Interscience*

- compatibility / C.R. Paul // A Wiley-Interscience publication. – 1992. - 765 p.
8. Tesche F.M., Ianoz M.V., Karlsson T. EMC analysis methods and computational models. / F.M. Tesche, M.V. Ianoz, T. Karlsson // A Wiley-Interscience publication. – 1997. - 623 p.
9. John EMC of Printed Circuit Boards and Microelectronic Engineering Techniques, Proceedings of the 13-th Int / John // Wroclaw Symposium on EMC. – 1996. - June 25-28. - P. 14–52.
10. ГОСТ 30804.6.1-2013 (МЭК 61000-6-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2013.
11. ГОСТ 30804.6.2-2013 (МЭК61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2013.
12. ГОСТ 30804.4.2-2013 (МЭК 61000-4-2:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний. - М., 2014.
13. ГОСТ 30804.4.3-2013 (МЭК 61000-4-3:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
14. ГОСТ 30804.4.4-2013 (МЭК 61000-4-4:2007) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
15. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. - М., ИПК Изд-во стандартов, 2000.
16. ГОСТ 30804.11-2013 (МЭК 61000-4-11:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
17. ГОСТ 30805.22-2013 (CISPR:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2015.
18. ГОСТ Р 55176.3.1-2012 (IEC 62236-3-1:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 3-1. Подвижной состав. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
- publication. – 1992. - 765 p.
8. Tesche F.M., Ianoz M.V., Karlsson T. EMC analysis methods and computational models. / F.M. Tesche, M.V. Ianoz, T. Karlsson // A Wiley-Interscience publication. – 1997. - 623 p.
9. John EMC of Printed Circuit Boards and Microelectronic Engineering Techniques, Proceedings of the 13-th Int / John // Wroclaw Symposium on EMC. – 1996. - June 25-28. - R. 14–52.
10. ГОСТ 30804.6.1-2013 (МЭК 61000-6-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2013.
11. ГОСТ 30804.6.2-2013 (МЭК61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2013.
12. ГОСТ 30804.4.2-2013 (МЭК 61000-4-2:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний. - М., 2014.
13. ГОСТ 30804.4.3-2013 (МЭК 61000-4-3:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
14. ГОСТ 30804.4.4-2013 (МЭК 61000-4-4:2007) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
15. ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. - М., ИПК Изд-во стандартов, 2000.
16. ГОСТ 30804.11-2013 (МЭК 61000-4-11:2004) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.
17. ГОСТ 30805.22-2013 (SISPR:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование информационных технологий. Радиопомехи промышленные. Нормы и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2015.
18. ГОСТ Р 55176.3.1-2012 (IEC 62236-3-1:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Системы и оборудование железнодорожного транспорта. Часть 3-1. Подвижной состав. Требования и методы испытаний. - М., Стандартинформ, 2014.

FEATURES OF OPERATION OF THE AUTOMATIC MEANS OF FIRE-PREVENTION PROTECTION OF TRANSPORT STRUCTURES UNDERGROUND

The results of studies of external influencing factors (EIF) in the specific conditions of underground structures underground, characterized by a unique microclimate, the level of external mechanical influences, high energy-affecting the stability of the functioning of automatic fire extinguishing systems and fire alarm systems in the subway underground facilities.

The results of studies of electromagnetic conditions in the subway underground facilities deep foundations.

Comparative analysis of quantitative values for factors such as temperature, humidity, air velocity, dust, light, vibration, electromagnetic interference, obtained from studies with these specifications and technical documentation can be concluded that in the requirements to environmental and mechanical stresses, the resistance to air flow to direct light and electromagnetic interference, automatic fire extinguishing and fire alarm systems, including evacuation warning and control system of people in fires and other fire automation systems can function properly in the subway underground facilities deep foundations.

Keywords: *Automatic fire extinguishing and fire alarm systems, the external influencing factors, electromagnetic environment, underground, fire safety.*

Павлов Д.И.,

*старший научный сотрудник,
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, г. Санкт-Петербург,
тел. +7 (812) 441-02-27, e-mail: dimpavlov@rambler.ru*

Pavlov D.I.,

*Senior Researcher,
St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Бороздин С.А.,

*старший научный сотрудник,
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, г. Санкт-Петербург,*

Borozdin S.A.,

*Senior Researcher,
St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Гитцович Г.А.,

*научный сотрудник НИИППИ,
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, г. Санкт-Петербург,*

Gittcovich G.A.,

*Researcher,
St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Флерчук Артем Валерьевич,

*Заместитель начальника
ФКУ «Центр управления в кризисных ситуациях» ГУ МЧС России по республике
Крым*

Flerchuk A.V.,

*Deputy chief,
Crisis Management Centre of the Ministry of Emergency Situations of Russia of the
Republic of Crimea.*

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ПОЖАРОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов, Е.Ю. Удавцова

Проанализированы показатели обстановки с пожарами, произошедшими в сельских поселениях в Российской Федерации за 2016-2017 гг., в зависимости от основных причин пожара и от расстояния до пожарной части. Выявлена зависимость средних значений показателей обстановки с пожарами в расчете на численность населения от расстояния до пожарной части. Предложены мероприятия по снижению числа пожаров от рассматриваемых причин пожаров в сельской местности в Российской Федерации. Целью выполнения мероприятий по снижению рисков пожарной опасности в сельских поселениях Российской Федерации является минимизация рисков, повышение безопасности проживающего населения и сохранность материальных средств.

Ключевые слова: *обстановка с пожарами, причина пожаров, сельские поселения, профилактика пожаров.*

В соответствии с Основами государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года [1] основными факторами, влияющими на состояние пожарной безопасности, являются уровень сознательности населения в вопросах обеспечения пожарной безопасности, уровень научно-технического и информационного обеспечения пожарной безопасности и другие факторы. В Российской Федерации большинство пожаров возникает в результате безответственного отношения отдельных граждан к правилам пожарной безопасности, незнания опасности и непредвидения последствий этого разрушающего бедствия. В соответствии со статьей 19 Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [2] обеспечение первичных мер пожарной безопасности в границах городских и сельских поселений, городских округов и муниципальных районов, а также организаций, находящихся в муниципальной собственности, относится к полномочиям органов местного самоуправления в области пожарной безопасности.

Отличительной чертой ряда сельских населенных пунктов Российской Федерации является их удаленность от районных центров, что влечет за собой их труднодоступность с точки зрения профилактики и тушения пожаров. Это определяет особенности организации пожарной охраны в сельской местности [3-9]. Важную роль авторы отводят профилактике пожаров в сельской местности. Профилактика пожаров имеет непосредственную цель предотвращения пожаров до их возникновения [10] определяет профилактику пожаров как совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий. Основная цель профилактики - выявление и устранение причин, условий, правонарушений в области пожарной безопасности.

В таблице 1 приведены показатели обстановки с пожарами, произошедшими в сельских поселениях в Российской Федерации за 2016-2017 гг., в зависимости от основных причин пожара и от расстояния до пожарной части.

**Показатели обстановки с пожарами, произошедшими в сельских поселениях
в Российской Федерации за 2016-2017 гг.**

Причина пожара	Расстояние до пожарной части	2016					2017				
		Кол-во пожаров, ед.	Зарегистрировано погибших людей, чел.	Кол-во травмированных людей, чел.	Прямой ущерб, тыс.руб.	Зданий (сооружений) уничтожено, ед.	Кол-во пожаров, ед.	Зарегистрировано погибших людей, чел.	Кол-во травмированных людей, чел.	Прямой ущерб, тыс.руб.	Зданий (сооружений) уничтожено, ед.
Неосторожное обращение с огнем	1-10 км	9106	1603	824	334458	3738	8955	1443	837	317262	3669
	11-20 км	3131	603	295	88526	1618	3069	545	238	142185	1588
	21-30 км	694	117	52	23442	394	616	125	66	18190	302
	31-40 км	209	44	21	5092	109	201	56	19	3214	112
	41-50 км	87	20	2	1305	49	63	12	14	7252	57
	более 50 км	69	15	11	979	39	66	12	9	450	59
Нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования (НПУиЭ)	1-10 км	12079	675	536	1784183	4890	12198	606	512	1366089	5210
	11-20 км	4573	237	213	922583	2517	4424	235	211	450849	2564
	21-30 км	878	55	50	74113	696	751	46	13	158622	501
	31-40 км	269	15	14	37795	202	229	13	13	15716	165
	41-50 км	89	7	4	8340	64	93	9	4	9806	77
	более 50 км	70	6	3	6307	69	98	6	1	12997	102
НПУиЭпечей	1-10 км	8191	360	233	340778	2657	7734	317	219	288192	2565
	11-20 км	3280	152	89	175133	1463	2815	120	78	113728	1313
	21-30 км	618	28	20	26631	323	561	23	16	20613	272
	31-40 км	166	13	2	3359	118	173	12	8	3193	110
	41-50 км	62	5	2	900	45	47	4	6	1476	37
	более 50 км	67	13	4	7102	61	54	9	5	820	49
Поджог	1-10 км	3485	52	73	619640	1150	3079	43	71	613269	1175
	11-20 км	1175	20	16	216699	537	1100	12	20	145385	502
	21-30 км	256	7	8	39273	116	230	4	2	31727	94
	31-40 км	71	0	1	30127	61	61	0	0	4942	29
	41-50 км	31	1	0	681	18	25	1	0	252	15
	более 50 км	33	0	0	4477	40	24	2	1	598	19
Другие причины	1-10 км	1609	104	106	116397	735	1671	105	99	176864	769
	11-20 км	707	45	42	642635	359	669	43	41	126205	364
	21-30 км	134	13	7	20355	96	134	14	14	10447	81
	31-40 км	51	0	5	2930	40	43	6	2	1277	37
	41-50 км	27	2	5	2263	23	15	2	1	135	8
	более 50 км	22	2	6	5919	14	23	4	1	5440	23

В таблице 2 приведены средние значения четырех показателей обстановки с пожарами в

Российской Федерации в сельских поселениях в расчете на 1 пожар в зависимости от 4 основных причин пожара и от расстояния до пожарной части.

Таблица 2

Средние значения четырех показателей обстановки с пожарами в сельских поселениях в Российской Федерации

Причина пожара	Расстояние до пожарной части	2016				2017			
		Среднее количество погибших людей на 1 пожаре, чел./пож.	Среднее количество травмированных людей на 1-м пожаре, чел./пож.	Средний материал ущерб на 1 пожар, тыс.руб./пож.	Среднее количество уничтоженных строений на 1 пожар, ед./пож.	Среднее количество погибших людей на 1 пожаре, чел./пож.	Среднее количество травмированных людей на 1-м пожаре, чел./пож.	Средний материал ущерб на 1 пожар, тыс.руб./пож.	Среднее количество уничтоженных строений на 1 пожар, ед./пож.
Неосторожное обращение с огнем	1-10 км	0,176	0,090	36,729	0,410	0,161	0,093	35,428	0,410
	11-20 км	0,193	0,094	28,274	0,517	0,178	0,078	46,329	0,517
	21-30 км	0,169	0,075	33,778	0,568	0,203	0,107	29,529	0,490
	31-40 км	0,211	0,100	24,364	0,522	0,279	0,095	15,990	0,557
	41-50 км	0,230	0,023	15,000	0,563	0,190	0,222	115,111	0,905
	более 50 км	0,217	0,159	14,188	0,565	0,182	0,136	6,818	0,894
НПУ и Электрооборудования	1-10 км	0,056	0,044	147,709	0,405	0,050	0,042	111,993	0,427
	11-20 км	0,052	0,047	201,746	0,550	0,053	0,048	101,910	0,580
	21-30 км	0,063	0,057	84,411	0,793	0,061	0,017	211,214	0,667
	31-40 км	0,056	0,052	140,502	0,751	0,057	0,057	68,629	0,721
	41-50 км	0,079	0,045	93,708	0,719	0,097	0,043	105,441	0,828
	более 50 км	0,086	0,043	90,100	0,986	0,061	0,010	132,622	1,041
НПУ и Эпечей	1-10 км	0,044	0,028	41,604	0,324	0,041	0,028	37,263	0,332
	11-20 км	0,046	0,027	53,394	0,446	0,043	0,028	40,401	0,466
	21-30 км	0,045	0,032	43,092	0,523	0,041	0,029	36,743	0,485
	31-40 км	0,078	0,012	20,235	0,711	0,069	0,046	18,457	0,636
	41-50 км	0,081	0,032	14,516	0,726	0,085	0,128	31,404	0,787
	более 50 км	0,194	0,060	106,000	0,910	0,167	0,093	15,185	0,907
Поджог	1-10 км	0,015	0,021	177,802	0,330	0,014	0,023	199,178	0,382
	11-20 км	0,017	0,014	184,425	0,457	0,011	0,018	132,168	0,456
	21-30 км	0,027	0,031	153,410	0,453	0,017	0,009	137,943	0,409
	31-40 км	0,000	0,014	424,324	0,859	0,000	0,000	81,016	0,475
	41-50 км	0,032	0,000	21,968	0,581	0,040	0,000	10,080	0,600
	более 50 км	0,000	0,000	135,667	1,212	0,083	0,042	24,917	0,792
Другие причины	1-10 км	0,065	0,066	72,341	0,457	0,063	0,059	105,843	0,460
	11-20 км	0,064	0,059	908,960	0,508	0,064	0,061	188,647	0,544
	21-30 км	0,097	0,052	151,903	0,716	0,104	0,104	77,963	0,604

	31-40 км	0,000	0,098	57,451	0,784	0,140	0,047	29,698	0,860
	41-50 км	0,074	0,185	83,815	0,852	0,133	0,067	9,000	0,533
	более 50 км	0,091	0,273	269,045	0,636	0,174	0,043	236,522	1,000

Как видно из таблицы, наблюдается тенденция к увеличению всех относительных показателей обстановки с пожарами (в расчете на 1 пожар) в зависимости от увеличения расстояния от места возникновения пожара до пожарной части.

Таким образом, при проведении профилактики пожаров необходимо учитывать такой фактор, как удаленность сельских поселений от районных центров, их труднодоступность с точки зрения профилактики, и включать в систему комплексных профилактических мероприятий формы и методы проведения профилактических мероприятий с использованием IT-технологий, что соответствует основным положениям Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы [11], в которой определена цель развития информационной и коммуникационной инфраструктуры Российской Федерации как обеспечение свободного доступа граждан и организаций, органов государственной власти Российской Федерации, органов местного самоуправления к информации на всех этапах ее создания и распространения.

Все мероприятия по снижению рисков пожарной опасности можно разделить на 4 группы.

К административным мерам могут быть отнесены проверки, осуществляемые органами государственного пожарного надзора и ведомственного пожарного надзора, лицензирование видов деятельности в области пожарной безопасности.

К экономическим – развитие и внедрение института противопожарного страхования.

К социальным – обучение мерам пожарной безопасности, пропаганда пожаробезопасного поведения.

К организационным – создание систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, в частности:

- разработку и осуществление мер по обеспечению пожарной безопасности территорий и объектов (зданий, сооружений), включение мероприятий по пожарной безопасности в планы и программы развития муниципальных образований (в том числе организацию и осуществление мер по защите от природных пожаров), создание условий и проведение мероприятий по тушению лесных и

- торфяных пожаров, обеспечение надлежащего состояния источников наружного противопожарного водоснабжения, организацию системы противопожарной защиты жилых и общественных зданий, составление и утверждение программ строительства пожарных депо;

- разработку, утверждение и исполнение местных бюджетов в части расходов на пожарную безопасность, в том числе на создание и содержание муниципальной и добровольной пожарной охраны, закупку пожарно-технической продукции, и т. д.;

- утверждение расписания выездов гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории муниципального образования;

- осуществление контроля за дорожным строительством, содержанием дорог местного значения в целях беспрепятственного проезда пожарной техники к месту пожара;

- организацию обучения населения мерам пожарной безопасности, содействие распространению пожарно-технических знаний, организацию и проведение противопожарных профилактических мероприятий в жилом секторе;

- определение перечня первичных средств тушения пожаров для помещений и строений, находящихся в собственности граждан;

- разработку и выполнение мероприятий, исключающих возможность переброски огня при полевых, лесных и подземных пожарах на здания и сооружения населённых пунктов;

- организацию патрулирования в условиях устойчивой сухой, жаркой и ветреной погоды или при получении штормового предупреждения;

- своевременную очистку территории муниципального образования от горючих отходов, мусора, сухой растительности;

- осуществление социального и экономического стимулирования обеспечения пожарной безопасности, в том числе участия населения в борьбе с пожарами [12].

Конечной целью выполнения мероприятий по снижению рисков пожарной опасности в сельских поселениях Российской Федерации является минимизация рисков, повышение безопасности проживающего населения и сохранность материальных средств.

Библиография

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. № 2.
2. О пожарной безопасности: федер. закон Российской Федерации от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ.
3. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А., Попков С.Ю., Соколов С.В. Пожары в городах и сельской местности России / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков, С.В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2008. - № 2. - С.68.
4. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А., Попков С.Ю., Соколов С.В. Анализ обстановки с пожарами в городах и сельской местности субъектов Российской Федерации / Н.Н. Брушлинский, Е.А. Клепко, С.Ю. Попков, С.В. Соколов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение и ликвидация. – 2008. - № 3. - С. 14.
5. Зенина Т.Л., Иванов В.И., Каменчук В.Н. Обеспечение пожарной безопасности в сельском хозяйстве / Т.Л. Зенина, В.И. Иванов, В.Н. Каменчук // Материалы семнадцатой научно-технической конференции Международного форума информатизации «Системы безопасности». - М.: Акад. ГПС МЧС России, 2008. - С. 285.
6. Матюшин А.В., Порошин А.А., Харин В.В., Матюшин Ю.А., Маштаков В.А., Бобринев Е.В., Кондашов А.А. Разграничение зон ответственности различных видов пожарной охраны в городских и сельских поселениях Российской Федерации в зависимости от численности населения / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, В.В. Харин, Ю.А. Матюшин, В.А. Маштаков, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов // Пожарная безопасность. - 2015. - № 1. - С. 69-71.
7. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Анализ пожарной обстановки на территории сельских населённых пунктов России / А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов // Технологии техносферной безопасности - 2017. - № 3 (73). - С. 1-7. [Электронный ресурс] URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (дата обращения 23.02.18)
8. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Проблема обеспечения пожарной безопасности сельских населённых пунктов / А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов // Технологии техносферной безопасности. - 2017. - № 4 (74). - С. 16-22. [Электронный ресурс] URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (дата обращения 25.02.18)
9. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А. Методика оценки потерь от пожаров в сельских населённых пунктах в зависимости от дислокации пожарной части / А.А. Порошин, В.В. Харин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов // Технологии техносферной

References

1. Osnovy gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti pozharnoj bezopasnosti na period do 2030 goda. Utverzhdeny Ukazom Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 1 yanvarya 2018 g. № 2.
2. O pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 21.12.1994 g. № 69-FZ.
3. Brushlinskij N.N., Klepko E.A., Popkov S.YU., Sokolov S.V. Pozhary v gorodah i sel'skoj mestnosti Rossii / N.N. Brushlinskij, E.A. Klepko, S.YU. Popkov, S.V. Sokolov // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie i likvidaciya. – 2008. - № 2. - S.68.
4. Brushlinskij N.N., Klepko E.A., Popkov S.YU., Sokolov S.V. Analiz obstanovki s pozharami v gorodah i sel'skoj mestnosti sub"ektov Rossijskoj Federacii / N.N. Brushlinskij, E.A. Klepko, S.YU. Popkov, S.V. Sokolov // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie i likvidaciya. – 2008. - № 3. - S. 14.
5. Zenina T.L., Ivanov V.I., Kamenchuk V.N. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti v sel'skom hozyajstve / T.L. Zenina, V.I. Ivanov, V.N. Kamenchuk // Materialy semnadcatoy nauchno-tekhnicheskoj konferencii Mezhdunarodnogo foruma informatizacii «Sistemy bezopasnosti». - M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2008. - S. 285.
6. Matyushin A.V., Poroshin A.A., Harin V.V., Matyushin YU.A., Mashtakov V.A., Bobrinev E.V., Kondashov A.A. Razgranichenie zon otvetstvennosti razlichnyh vidov pozharnoj ohrany v gorodskih i sel'skih poseleniyah Rossijskoj Federacii v zavisimosti ot chislennosti naseleniya / A.V. Matyushin, A.A. Poroshin, V.V. Harin, YU.A. Matyushin, V.A. Mashtakov, E.V. Bobrinev, A.A. Kondashov // Pozharnaya bezopasnost'. - 2015. - № 1. - S. 69-71.
7. Poroshin A.A., Harin V.V., Bobrinev E.V., Udavcova E.YU., Kondashov A.A. Analiz pozharnoj obstanovki na territorii sel'skih naselyonnyh punktov Rossii A.A. Poroshin, V.V. Harin, E.V. Bobrinev, E.YU. Udavcova, A.A. Kondashov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti - 2017. - № 3 (73). - S. 1-7. [EHlektronnyj resurs] URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (data obrashcheniya 23.02.18)
8. Poroshin A.A., Harin V.V., Bobrinev E.V., Udavcova E.YU., Kondashov A.A. Problema obespecheniya pozharnoj bezopasnosti sel'skih naselyonnyh punktov / A.A. Poroshin, V.V. Harin, E.V. Bobrinev, E.YU. Udavcova, A.A. Kondashov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. - 2017. - № 4 (74). - S. 16-22. [EHlektronnyj resurs] URL: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (data obrashcheniya 25.02.18)
9. Poroshin A.A., Harin V.V., Bobrinev E.V., Udavcova E.YU., Kondashov A.A. Metodika ocenki poter' ot pozharov v sel'skih naselyonnyh punktah v zavisimosti ot dislokacii pozharnoj chasti / A.A. Poroshin, V.V. Harin, E.V. Bobrinev, E.YU. Udavcova, A.A. Kondashov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. - 2017. - № 4 (74). [EHlektronnyj resurs] URL: <http://academygps.ru/1924/> (data obrashcheniya 25.02.18).
10. SP 232.1311500.2015 Pozharnaya ohrana

безопасности. - 2017. - № 4 (74). [Электронный ресурс] URL: <http://academygps.ru/1924/> (дата обращения 25.02.18).

10. СП 232.1311500.2015 Пожарная охрана предприятий. Общие требования. Утвержден приказом МЧС России от 03.07.2015 № 341.// [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200122147/> (дата обращения 16.03.2018).

11. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы: указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 // [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/420397755> (дата обращения 16.03.2018).

12. Отчет ФГБУ ВНИИПО МЧС РОССИИ о комплексной научно-исследовательской работе «Пожарная безопасность» – исследование приоритетных направлений государственной политики в области пожарной безопасности и мероприятия по ее реализации» (заключительный). Часть 3. «Анализ проведения профилактических мероприятий, направленных на обеспечение защищенности населения и территорий (населенных пунктов) от пожаров». Инв №216/ЗОЗГТ 2017 г.

predpriyatij. Obshchie trebovaniya. Utverzhden prikazom MCHS Rossii ot 03.07.2015 № 341.// [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200122147/> (дата обращения 16.03.2018).

11. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы: указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 // [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/420397755> (дата обращения 16.03.2018).

12. Otchet FGBU VNIPO MCHS ROSSII o kompleksnoj nauchno-issledovatel'skoj rabote «Pozharnaya bezopasnost'» – issledovanie prioritetnyh napravlenij gosudarstvennoj politiki v oblasti pozharnoj bezopasnosti i meropriyatiya po ee realizacii» (zaklyuchitel'nyj). CHast' 3. «Analiz provedeniya profilakticheskikh meropriyatij, napravlennyh na obespechenie zashchishchennosti naseleniya i territorij (naselennykh punktov) ot pozharov». Inv №216/ЗОЗГТ 2017 г.

ANALYSIS OF MAIN CAUSES OF FIRE IN RURAL LOCATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

The indicators of the situation with fires that occurred in the Russian Federation in 2016-2017 in rural settlements, depending on 4 main causes of the fire and the distance to the fire station, are analyzed. The dependence of average values of indicators of the situation with fires in the calculation of the population from the distance from the firehouse. Proposed measures to reduce the main causes of fires in rural areas in the Russian Federation. The ultimate goal of the measures to reduce the risks of fire danger in rural settlements of the Russian Federation is to minimize the risks, improve the safety of the living population and the safety of material assets.

Keyword. Situation with fires, cause of fires, rural settlements, prevention of fires.

Порошин Александр Алексеевич,

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник НИЦ «Организационно-управленческих проблем пожарной безопасности»,
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной
обороны МЧС России»,
Россия, г. Балашиха,
8 (495) 521-83-26,
E-mail: otdel_1_3@mail.ru,

Poroshin A.A.,

doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
head of the Research Center for Organizational and Managerial Problems of Fire Safety,
FGBU "All-Russian Scientific Research Institute of Fire-Fighting Defense of the Ministry of
Emergencies of Russia",
Russia, Balashikha.

Харин Владимир Владимирович,

начальник отдела НИЦ «Организационно-управленческих проблем пожарной
безопасности»,
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной
обороны МЧС России»,

Россия, г. Балашиха,
8 (495) 524-81-07
E-mail: otdel_1_3@mail.ru

Kharin V.V.,

head of the department of the Research Center for Organizational and Managerial Problems of Fire Safety,
FGBU "All-Russian Scientific Research Institute of Fire-Fighting Defense of the Ministry of Emergencies of Russia",
Russia, Balashikha.

Бобринев Евгений Васильевич,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник,

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,

Россия, г. Балашиха,

8 (495) 521-88-52,

E-mail: otdel_1_3@mail.ru,

Bobrinev E.V.,

candidate of Biological Sciences, leading researcher, senior researcher,

FGBU "All-Russian Scientific Research Institute of Fire-Fighting Defense of the Ministry of Emergencies of Russia",

Russia, Balashikha.

Кондашов Андрей Александрович,

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,

Россия, г. Балашиха,

8 (495) 524-81-66,

E-mail: otdel_1_3@mail.ru,

Kondashov A.A.,

candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher,

FGBU "All-Russian Scientific Research Institute of Fire-Fighting Defense of the Ministry of Emergencies of Russia",

Russia, Balashikha.

Удавцова Елена Юрьевна,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России»,

Россия, г. Балашиха,

8 (495) 524-81-84,

E-mail: otdel_1_3@mail.ru,

Udavtsova E.Y.,

candidate of Technical Sciences, Senior Researcher,

FGBU "All-Russian Scientific Research Institute of Fire-Fighting Defense of the Ministry of Emergencies of Russia"

Russia, Balashikha.

ОГNETУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ С ОРОСИТЕЛЯМИ С СОУДАРЯЮЩИМИСЯ СТРУЯМИ

А.А. Сперанский, С.В. Мамагин, С.А. Бороздин, Э.Л. Алешин

На основании результатов экспериментальных исследований разработан опытный образец оросителя тонкораспыленной воды с соударяющимися струями низкого давления, обеспечивающий оптимальную форму зоны орошения защищаемой площади, что позволяет снизить расход воды, подаваемой на тушение, на 30-35%.

Определены параметры установок пожаротушения, требуемые для ликвидации очагов пожаров различных классов.

Ключевые слова: тонкораспыленная вода, распылитель, огнетушащая эффективность, соударяющиеся струи.

Существующие установки пожаротушения: газовые, хладоновые, порошковые, пенотушения и пиротехнические огнетушащие составы имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются необходимость хранения запаса огнетушащих веществ или компонентов для их получения и невозможность использования этих установок при наличии людей в помещении. Повышение требований к экологической чистоте применяемых средств пожаротушения накладывает дополнительные ограничения на использование подобных установок. Так, например, использование хладонов 12В1, 13В1, 114В2 в целях пожаротушения исключается ввиду угрозы озоновому слою Земли [1].

В настоящее время актуальным становится вопрос об использовании тонкораспыленной (с диаметром капель менее 150 мкм) воды как высокоэффективного огнетушащего средства, оптимизации параметров распыления для повышения эффективности процесса тушения и разработки установок пожаротушения для конкретных условий эксплуатации защищаемого объекта.

Тонкораспыленная вода (ТРВ) обладает рядом незаменимых преимуществ, которых лишены установки газового, порошкового и аэрозольного пожаротушения: безопасность для людей, высокой охлаждающей и дымоосаждающей способностью, взрывопожаробезопасностью, дешевизной, экологической чистотой.

Анализ исследований по использованию ТРВ в целях пожаротушения позволил выделить три основных составляющие механизма тушения: охлаждение зоны горения, снижение концентрации кислорода в окружающей среде за счет его замещения парами воды и ослабление теплового излучения от пламени.

Эффективность ТРВ как огнетушащего средства определяется следующими основными факторами:

- размерами капель (дисперсностью);
- интенсивностью орошения;
- наличием добавок в воде.

В работе [2] показано, что в широком диапазоне исследованных параметров эффективность теплообмена капель с пламенем обратно пропорциональна корню квадратному из среднего диаметра капель. А в работе [3] отмечается, что молекулы водяного пара оказывают ингибирующее воздействие на пламя.

Интенсивность подачи распыленной воды должна быть достаточна для поглощения тепла, выделяющегося при пожаре, поэтому она является важной характеристикой установок пожаротушения.

На огнетушащую эффективность ТРВ влияет наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других добавок к воде, от которых зависит величина поверхностного натяжения, вследствие чего повышается степень дисперсности капель и смачивающая способность при тушении твердых горючих материалов, или образование пленки на поверхности при тушении горючих жидкостей [4].

В России и за рубежом появилось большое количество установок пожаротушения ТРВ, различающихся конструкцией распылителей, дисперсностью капель, скоростью и направлением капельного потока, составами и концентрацией добавок к воде. Интенсивность и время подачи воды, требуемые для тушения однотипных очагов пожара такими установками пожаротушения с различными распыливающими устройствами, также имеют различные значения.

Таким образом, основные нормативные параметры – интенсивность орошения и продолжительность подачи тонкораспыленной воды должны определяться для каждого конкретного типа распылителя установок пожаротушения и типа защищаемого объекта экспериментально, путем проведения огневых опытов на модельных очагах пожара.

Максимальная площадь, защищаемая одним распылителем, ее форма и размеры должны определяться по эпюрам интенсивности орошения из условия обеспечения на всей защищаемой площади интенсивности не ниже нормативной. Эпюры

интенсивности должны строиться по результатам испытаний.

Количественным показателем эффективности пожаротушения ТРВ служит нормативная интенсивность орошения.

Нормативная интенсивность орошения определяется как

$$J_n = k_3 \cdot J_{кр},$$

где: k_3 – коэффициент запаса, учитывающий особенности горючего материала в конкретных условиях; $J_{кр}$ – критическая интенсивность орошения, ниже которой тушение не происходит.

Таким образом, актуальной задачей является определение критической интенсивности орошения, требуемой для различных видов горючей нагрузки.

В соответствии с методическими указаниями

[5] $J_{кр}$ определяется экспериментальным путем следующим образом. По результатам опытов строится график в координатах: интенсивность орошения J – продолжительность времени тушения t_m . По графику устанавливают $J_{кр}$ как значение, к которому асимптотически приближается полученная кривая при уменьшении величины J . Находят нормативную интенсивность подачи распыленной воды:

$$J_n = k_3 \cdot J_{кр} (k_3 = 1,2).$$

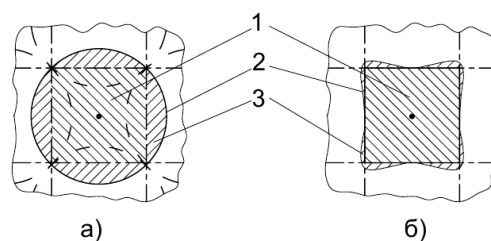
Определяют время тушения очага t_m при нормативной интенсивности подачи воды J_n (по графику зависимости $t_m = f(J)$).

По конструктивному исполнению разрабатываемые в настоящее время установки пожаротушения ТРВ подразделяются на два основных класса: установки низкого (до 1,2 МПа) и высокого (более 3,5 МПа) давления. Установки низкого давления могут работать как на пресной, так и на морской воде, подаваемой от насосов с напором до 1,2 МПа в течение длительного времени, имеют большую надежность и сравнительно малую стоимость. Установки высокого давления отличаются меньшими массо-габаритными показателями, однако требуют применения высоконапорных насосов или баллонов со сжатым газом, трубопроводов высокого давления, емкостей для хранения запасов пресной воды, время их работы ограничено, а стоимость значительно выше, чем у установок низкого давления.

В настоящее время существуют различные способы формирования и транспортирования высокодисперсных капель в очаг горения.

Наиболее перспективный способ дробления жидкости на капли реализуется путем соударения струй жидкости. В месте их встречи образуется пленка жидкости, которая под воздействием создавшихся на ней поперечных волн дробится на капли. При этом потери энергии на создание капельного потока по сравнению с газожидкостным дроблением уменьшаются в 2 – 2,5 раза [6].

Большинство разработанных к настоящему времени распылителей имеют круговую форму зоны орошаемой поверхности. При этом для обеспечения на всей защищаемой площади интенсивности орошения не ниже нормативной, необходимо перекрытие зон орошения рядом стоящих распылителей, что приводит к увеличению общего расхода воды, подаваемой на тушение (рис.1а). Очевидно, что для уменьшения площади перекрытия форма зон орошения должна быть близкой к квадратной (рис.1б).



1 - площадь, защищаемая одним распылителем (при совместной работе распылителей в составе установки пожаротушения);
2 - граница зоны с интенсивностью орошения не менее нормативной;
3 - площадь зоны орошения, перекрывающая защищаемую площадь

Рис.1. Формы зон орошения различных типов распылителей.

а) – круговая форма зоны орошения;
б) – зона орошения, близкая к квадратной

С учетом вышесказанного был разработан опытный образец распылителя ТРВ с соударяющимися струями низкого давления (рис.2). Распыление огнетушащего вещества в нем происходит за счет соударения и дробления струй жидкости, подаваемых из выходных отверстий корпуса распылителя под определенными углами и формирования тонкодисперсных капельных потоков.



Рис.2. Опытный образец распылителя

Конструкция распылителя обеспечивает во всем диапазоне рабочих давлений форму зоны орошения защищаемой площади, близкую к квадратной. При совместной работе нескольких распылителей в составе установки пожаротушения по сравнению с установками, где используются распылители с зоной орошения в форме круга, распылители с квадратной зоной орошения позволяют уменьшить площадь перекрытия защищаемой поверхности на 30-35% (см. рис.1), что снижает общий расход подаваемого на тушение огнетушащего вещества и ущерб от пролитой воды на защищаемом объекте.

Основные технические характеристики распылителя приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики распылителя

Наименование параметра	Значение параметра
Коэффициент производительности, $\text{дм}^3/\text{с}$	0,11
Диапазон рабочих давлений, МПа	0,4 – 1,0
Расход воды, л/с	0,73 – 1,10
Защищаемая площадь с интенсивностью орошения не менее $0,020 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ (при минимальном рабочем давлении и высоте установки распылителя 2,5 м), м^2	9,0
Форма и размеры защищаемой площади, м	квадрат 3,0×3,0
Среднеарифметический диаметр капель, не более, мкм	150
Корневой угол раскрытия струи у распылителя, град	170
Габаритные размеры, не более:	
- диаметр, мм;	30
- высота, мм	30
Масса, не более, кг	0,05

Эпюры интенсивности орошения распылителем защищаемой площади, построенные в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51043-2002 [7], приведены на рис.3.

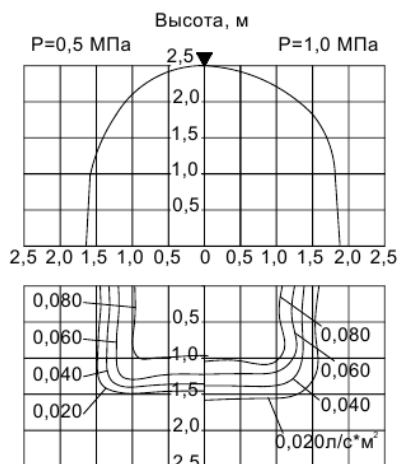


Рис.3. Эпюры интенсивности орошения защищаемой площади при различных давлениях перед распылителем

Нормативная интенсивность орошения распылителем (J_n), требуемая для тушения очагов пожара различных классов, определялась при проведении огневых испытаний на экспериментальном стенде в соответствии с требованиями Руководства [5].

Скорость выгорания горючих жидкостей зависит от диаметра сосуда. В работе [8] указано, что при увеличении диаметра, начиная с 1,3 м, скорость выгорания перестает изменяться. Таким образом, диаметры очагов, моделирующих условия реального пожара, должны быть не менее 1,3 м (площадь горения $1,33 \text{ м}^2$).

В качестве горючей нагрузки модельных очагов пожара класса А использовалась древесина сосны (штабель, сложенный из 32 брусков размером $30 \times 30 \times 300$ мм), а очагов класса В – бензин А-76 ($T_{всн} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$), дизельное топливо Л-62 ($T_{всн} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$) и гидравлическое масло АМГ-10 ($T_{всн} = 92 \text{ }^\circ\text{C}$), налитые в противни диаметром 1,3 м.

Модельные очаги устанавливались в местах с предварительно определенной интенсивностью орошения.

В качестве огнетушащего вещества использовалась водопроводная вода и вода с 1% добавкой пленкообразующего пенообразователя «Пенофор».

Высота размещения распылителя ТРВ составляла 3 м. Изменение интенсивности орошения производилось за счет изменения давления перед распылителем в диапазоне от 0,4 до 1,0 МПа.

По результатам испытаний определялись критическая и нормативная интенсивность орошения J_n и необходимые для обеспечения J_n давления перед распылителем (P), расход воды через распылитель (Q), а также время тушения (t_m).

Параметры, требуемые для тушения очагов пожара различных классов при использовании опытного образца распылителя, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры, требуемые для тушения очагов пожара различных классов при использовании опытного образца распылителя

Параметры	Горючая нагрузка			
	Бензин А-76	Диз.топливо Л-62	Гидравлическое масло АМГ-10	Древесина
J_n , л/с·м ²	0,078 (0,072)*	0,075 (0,070)*	0,072	0,070
P , МПа	0,5 (0,4)*	0,5 (0,4)*	0,4	0,4
Q , л/с	0,78 (0,73)*	0,78 (0,73)*	0,73	0,73
t_m , с	17 (8)*	15 (9)*	6	320

Примечание: * – значение параметра при добавке к воде 1% пенообразователя «Пенофор».

Анализ результатов проведенных испытаний показал, что опытный образец распылителя ТРВ с соударяющимися струями низкого давления обеспечил эффективное тушение очагов пожара классов А и В по ГОСТ 27331-87.

Конструкция распылителя, обеспечивающая форму зоны орошения, близкую к квадратной, при совместной работе распылителей в составе установки пожаротушения позволяет на 30-35% снизить общий расход подаваемой на тушение воды по сравнению с распылителями, создающими зону орошения в виде круга.

Большой корневой угол позволяет снизить температуру в объеме верхней зоны помещения и концентрацию токсичных газов, обеспечить эффективное дымоосаждение и орошение боковых поверхностей помещения, использовать распылители для защиты помещений с малой высотой и в водяных завесах.

Добавка к воде пенообразователей позволяет повысить огнетушащую эффективность установок пожаротушения ТРВ с оросителями с соударяющимися струями.

Библиография

1. NFPA 2001. Standart of clean agent fire extinguishing systems.
2. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях / А.С. Лышевский. - Л.: Судостроение, 1971. - 248 с.
3. Шебеко Ю.Н., Цариченко С.Г., Трунев А.В., Каплин А.Ю. Исследование характеристик горения водородосодержащих парогазовых смесей при повышенных давлениях и температурах / Ю.Н. Шебеко, С.Г. Цариченко, А.В. Трунев, А.Ю. Каплин // Физика горения и взрыва. - 1994. - Т.30. №1. - С. 16–19.
4. Потанин Б.В., Сперанский А.А., Звенячкин В.Е. Влияние дисперсности и добавок ПАВ на огнетушащую эффективность тонкораспыленной воды / Б.В. Потанин, А.А. Сперанский, В.Е. Звенячкин // Пожарная безопасность и охрана труда в газовой и химической промышленности: сб. материалов V Всерос. науч.-практ. конф. - М., 1999. - С. 88–90.

References

1. NFPA 2001. Standart of clean agent fire extinguishing systems.
2. Lyshevskij A.S. Raspylivanie topliva v sudovyh dizelyah / A.S. Lyshevskij. - L.: Sudostroenie, 1971. - 248 s.
3. SHebeko YU.N., Carichenko S.G., Trunev A.V., Kaplin A.YU. Issledovanie harakteristik gorenija vodorodosoderzhashchih parogazovyh smesej pri povyshennyh davleniyah i temperaturah / YU.N. SHebeko, S.G. Carichenko, A.V. Trunev, A.YU. Kaplin // Fizika gorenija i vzryva. - 1994. - T.30. №1. - S. 16–19.
4. Potanin B.V., Speranskij A.A., Zvenyachkin V.E. Vliyanie dispersnosti i dobavok PAV na oagnetushashchuyu ehffektivnost' tonkoraspylennoj vody / B.V. Potanin, A.A. Speranskij, V.E. Zvenyachkin // Pozharnaya bezopasnost' i ohrana truda v gazovoj i himicheskoj promyshlennosti: sb. materialov V Vseros. nauch.-prakt. konf. - M., 1999. - S. 88–90.
5. Rukovodstvo po opredeleniyu parametrov

5. Руководство по определению параметров автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой. - М.: ВНИИПО, 2004. - 16 с.
6. Оптимизация параметров потоков тонкораспыленных огнетушащих веществ / Душкин А.Л., Карпышев А.В., Сегаль М.Д. // Пожаровзрывобезопасность. - 2010. - Т19., №1. - С. 39–44.
7. ГОСТ Р 51043-2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.
8. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ / В.Т. Монахов. - М.: Химия, 1979. - 423 с.
- автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой. - М.: ВНИИПО, 2004. - 16 с.
6. Optimizaciya parametrov potokov tonkoraspilennyh ognetchestv / Dushkin A.L., Karpyshev A.V., Segal' M.D. // Pozharovzryvobezopasnost'. - 2010. - T19., №1. - S. 39–44.
7. GOST R 51043-2002. Ustanovki vodyanogo i pennogo pozharotusheniya avtomaticheskie. Orositeli. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy.
8. Monahov V.T. Metody issledovaniya pozharnej opasnosti veshchestv / V.T. Monahov. - M.: Himiya, 1979. - 423 s.

FIRE-EXTINGUISHING EFFICIENCY OF FIRE EXTINGUISHING UNITS WITH THIN OPEN WATER WITH FILLERS WITH CONJUGING JETS

Based on the results of the experimental studies, a prototype of a sprinkler of finely-dispersed water with colliding low-pressure jets was developed, which ensures the optimum shape of the irrigated area of the protected area, which allows reducing the water consumption for extinguishing by 30-35%.

The parameters of the fire extinguishing installations required to eliminate fires of different classes are determined.

Key words: *finely dispersed water, nebulizer, fire extinguishing efficiency, colliding jets.*

Сперанский Александр Александрович,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, г. Санкт-Петербург,
телефон: (812)441-0227, (812)441-0747.*

Speransky A.A.,

Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,

*St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Мамагин Сергей Викторович,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, г. Санкт-Петербург,
телефон: (812)441-0227, (812)441-0747,
e-mail: smatagin@yandex.ru*

Matagin S.V.,

Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,

*St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Бороздин Сергей Анатольевич,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

*Россия, г. Санкт-Петербург,
телефон: (812)441-0227, (812)441-0747.*

Borozdin S.A.,

*Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,
St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.*

Алешин Эдуард Леонидович,

Начальник отделения

ФКУ «Центр управления в кризисных ситуациях» ГУ МЧС России по республике Крым

Aleshin E.L.,

Deputy chief

Crisis Management Centre of the Ministry of Emergency Situations of Russia of the Republic of Crimea.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГNETУШАЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СУДОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МАШИННЫХ И МАШИННО-КОТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

А.А. Сперанский, С.В. Мамагин, Д.И. Павлов

На основании испытаний, проведенных в соответствии с требованиями Международной морской организации (ИМО), определена огнетушащая эффективность опытного образца судовой системы пожаротушения низкого давления с использованием тонкораспыленной воды для защиты машинных отделений при пожарах пролитого топлива.

Экспериментально определено, что добавка к воде пеннообразующего пенообразователя позволила значительно сократить время тушения очагов пожара и общий расход огнетушащего вещества, подаваемого на тушение.

Полученные результаты испытаний могут быть использованы при разработке судовых систем пожаротушения тонкораспыленной водой.

Ключевые слова: тонкораспыленная вода, огнетушащая эффективность, судовая система пожаротушения.

Тонкораспыленная вода (ТРВ) с диаметром капель менее 150 мкм обладает рядом незаменимых преимуществ, которых лишены установки газового, порошкового и аэрозольного пожаротушения: безопасностью для людей, высокой охлаждающей и дымоосаждающей способностью, взрывопожаробезопасностью, дешевизной, экологической чистотой.

ТРВ является весьма эффективной при тушении пожаров пролитого и распыленного топлива, а также электрического и электронного оборудования, исключает отрицательные для него последствия, вызванные использованием воды крупного распыла [1], [2], [3].

Системы и установки пожаротушения ТРВ показали высокую эффективность при использовании их на судах и самолетах [4], [5], [6].

Анализ исследований по использованию ТРВ в целях пожаротушения позволил выделить три составляющие механизма тушения: охлаждение зоны горения, снижение концентрации кислорода в окружающей среде за счет его замещения парами воды и ослабление теплового излучения от пламени.

Эффективность ТРВ, как огнетушащего средства, определяется следующими факторами:

- размерами капель (дисперсностью);
- интенсивностью орошения защищаемой площади;
- наличием добавок в воде.

На огнетушащую эффективность ТРВ влияет наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других добавок к воде, от которых зависит величина поверхностного натяжения, вследствие чего повышается степень дисперсности капель и смачивающая способность при тушении твердых горючих материалов, а также образование пленки на поверхности горючих жидкостей.

На 38 и 39 сессиях Подкомитета Международной морской организации (ИМО) были определены область применения систем пожаротушения ТРВ на судах, перечень защищаемых судовых помещений, типичная горючая нагрузка в них, требования которым должны удовлетворять системы, предложены программы и методики их испытаний.

В 2005 г. ИМО приняла циркуляр MSC/Circ 1165 [7], в котором приведены директивы и требования к изготовлению и испытаниям судовых систем пожаротушения ТРВ для защиты машинных и насосных отделений. В нормативных документах Российского Морского Регистра Судоходства, в том числе в Правилах классификации и постройки морских судов, содержатся ссылки на эти требования, что приводит к необходимости их выполнения.

В соответствии с требованиями ИМО в процессе испытаний определяется огнетушащая эффективность системы пожаротушения для различных очагов пожаров класса В (разлитое и распыленное топливо, топливо под настилом машинного отделения) и класса А (деревянный костер) с различной интенсивностью тепловыделения для защищаемых помещений объемом от 500 до 3000 м³.

Время тушения всех модельных очагов не должно превышать 15 мин с момента пуска системы.

Должно отсутствовать повторное воспламенение очагов после окончания подачи воды.

По конструктивному исполнению разрабатываемые в настоящее время судовые системы пожаротушения ТРВ для защиты машинных помещений подразделяются на два основных класса: системы низкого (до 15 атм) и высокого (более 50 атм) давления. Системы низкого давления могут

работать как на пресной, так и на забортной воде, подаваемой от штатных судовых насосов с напором до 15 атм в течение длительного времени, имеют большую надежность и сравнительно малую стоимость. Системы высокого давления отличаются меньшими массогабаритными показателями, однако требуют применения высоконапорных насосов или баллонов со сжатым газом, трубопроводов высокого давления, емкостей для хранения запасов пресной воды, время их работы ограничено, а стоимость значительно выше, чем у систем низкого давления.

В данной работе, в соответствии с требованиями ИМО, определялась огнетушащая эффективность опытного образца системы низкого давления при тушении дизельного топлива в двух поддонах общей площадью 3 м², размещенных в верхней части макета судового двигателя, и в двух поддонах общей площадью 4 м², размещенных под макетом двигателя и настилом в машинном отделении.

Испытания проводились на испытательном стенде НИИПИИИТвОБЖ ФГБОУ ВО СПбУ ГПС МЧС России. Стенд размещался в стальном отсеке объемом 1300 м³, имитирующем судовое машинное отделение.

В состав испытательного стенда входили:

- макет судового двигателя размером (3,0×1,0×3,0) м, установленный на высоте 0,5 м над палубой;

- настил с пайолами, установленный по периметру макета двигателя, высота настила 0,75 м от палубы;

- модельные очаги пожара пролитого топлива – два противня размером (1,5×1,0) м, установленные сверху на макете двигателя, и два противня размером (2,0×1,0) м – под макетом и настилом.

В качестве горючей нагрузки использовалось дизельное топливо Л-62 (ГОСТ 305-82), налитое сверху на водяной слой. Время свободного горения очагов до пуска системы пожаротушения составляло 2 минуты.

В качестве огнетушащего вещества использовалась пресная вода с 1% добавкой пленкообразующего пенообразователя «Пенофор».

Испытания по тушению очагов, установленных сверху на макете двигателя и под настилом, проводились раздельно.

В состав опытного образца системы пожаротушения ТРВ входили: расходная цистерна объемом 5 м³, водяной насос с напором 0,8 МПа, трубопроводы, запорная арматура, дренажные распылители ТРВ с соударяющимися струями ДВС3-СН0,10-R^{1/2}, контрольно-измерительные приборы.

Основные параметры распылителей ТРВ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры распылителей ТРВ

Наименование параметра	Значение параметра
Коэффициент производительности, дм ³ /с	0,10
Среднеарифметический диаметр капель, не более, мкм	150
Диапазон рабочих давлений, МПа	0,4 – 1,0
Расход воды в диапазоне рабочих давлений, л/с	0,73 – 1,0
Площадь орошения с интенсивностью не менее 0,04 л/с·м ² (при минимальном рабочем давлении и высоте установки распылителя 2,5 м), м ²	8,0
Корневой угол раскрытия струй у распылителя, град	170

Большинство распылителей, применяемых в дренажных системах пожаротушения, создают зону орошения на защищаемой поверхности в форме круга. Для обеспечения орошения всей защищаемой площади с интенсивностью не ниже нормативной требуется перекрывать зоны орошения смежно расположенных распылителей. При этом создаются зоны с избыточной интенсивностью, что приводит к перерасходу воды, подаваемой на тушение.

Конструкция распылителя с соударяющимися струями, входящего в состав образца системы, во всем диапазоне рабочих давлений обеспечивает форму зоны орошения защищаемой площади, близкую к квадратной, что при совместной работе нескольких смежно расположенных распылителей, за счет меньшей

площади перекрываемых зон орошения, значительно снижает общий расход воды в системе пожаротушения.

Большой корневой угол раскрытия струй у распылителя позволяет увеличить площадь орошения при размещении его вблизи от орошаемой поверхности под настилом машинного отделения.

Расстояние между распылителями, предназначенными для тушения очагов пожара в верхней части макета двигателя, составляло 1,7 м, а расстояние между распылителями в поднастильном пространстве – 1,8 м.

Схема размещения распылителей в составе опытного образца системы пожаротушения на испытательном стенде приведена на рисунке.

Результаты испытаний опытного образца системы пожаротушения приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Результаты испытаний по тушению модельных очагов пожара в верхней части макета двигателя

№ исп.	Огнетушащее вещество (ОТВ)	Давление в системе, МПа	Время тушения, с	Наличие повторного воспламенения очага
1	Пресная вода с 1% добавкой ПО «Пенофор»	0,4	25	нет
2		0,6	32	нет
3		0,6	55	нет

Таблица 3

Результаты испытаний по тушению модельных очагов пожара в поднастильном пространстве машинного помещения

№ исп.	Огнетушащее вещество (ОТВ)	Давление в системе, МПа	Время тушения, с	Наличие повторного воспламенения очага
1	Пресная вода	0,4	173	нет
2		0,6	58	нет
3	Пресная вода с 1% добавкой ПО «Пенофор»	0,4	55	нет
4		0,6	21	нет

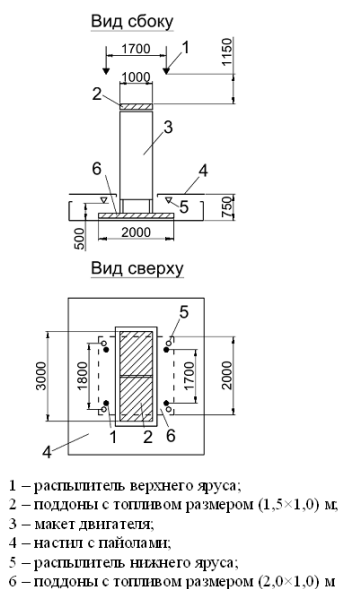


Рис. Схема размещения распылителей ТРВ в составе опытного образца системы пожаротушения на испытательном стенде

В результате испытаний установлено, что опытный образец судовой системы пожаротушения низкого давления с распылителями с соударяющимися струями ДВС3-СН0,10-R^{1/2}:

- обеспечил тушение модельных очагов пожара за время, не превышающее 173 с (ОТВ – вода) и 55 с (ОТВ – вода с 1% добавкой ПО «Пенофор») при нормируемых требованиями ИМО времени тушения не более 15 мин.

- 1% добавка к воде пленкообразующего пенообразователя «Пенофор» позволила примерно в 3 раза сократить время тушения очагов пожара, а, следовательно, и общий расход ОТВ, подаваемого на тушение;

- большой корневой угол раскрытия струй распылителя 170° обеспечил тушение модельных очагов пожара при высоте размещения распылителей, не превышающей 0,5 м от защищаемой поверхности.

Полученные результаты испытаний могут быть использованы при разработке судовых систем пожаротушения ТРВ низкого давления для защиты машинных и машинно-котельных отделений.

Библиография

1. Heskestad G. The role of water in suppression of fire, a review / G. Heskestad // *J Fire and Flammabil.* – 1980. - №12. - Pp. 254-262.
2. Hodnick Harold V. High pressure for against fire / Harold V. Hodnick // *Protection*. – 1976. - 13, №1, Pp. 20, 23-24.
3. Артюнов С.Н., Сычев А.Е., Коровин О.А. Устройство для тушения пожаров электроустановок под напряжением. Пожарная техника. Средства и способы пожаротушения / С.Н. Артюнов, А.Е. Сычев, О.А. Коровин. - М.: ВНИИПО, 1982. - С. 178-183.
4. R.G. Hill, T.R. Marker, C.P. Sarkos. Evaluation and optimization of an orboard water spray fine suppression system in aircraft; *Proceedings of Water Mist Fire Suppression Workshop, NIST, Gaithersburg, MD (1993)*.
5. New extinguishing system for use in aircraft cabin // *Fire.* – 1987. - 80 № 991, 7.
6. Resent work on fire control using fire water spray at the Fire Research station / Cousin C.S. 1 st. Int. Conf. Fire Suppression Res., Stockholm-Boras, May 5-8, 1992; *Proc.* – Stockholm, 1992. - С. 19-21.
7. MSC/Circ 1165. Пересмотренное руководство по одобрению эквивалентных систем пожаротушения на водяной основе для машинных отделений и грузовых насосов.

References

1. Heskestad G. The role of water in suppression of fire, a review / G. Heskestad // *J Fire and Flammabil.* – 1980. - №12. - Rr. 254-262.
2. Hodnick Harold V. High pressure for against fire / Harold V. Hodnick // *Protection*. – 1976. - 13, №1, Rr. 20, 23-24.
3. Artyunov S.N., Sychev A.E., Korovin O.A. *Ustrojstvo dlya tusheniya pozharov ehlektrostanovok pod napryazheniem. Pozharnaya tekhnika. Sredstva i sposoby pozharotusheniya / S.N. Artyunov, A.E. Sychev, O.A. Korovin.* - M.: VNIPO, 1982. - S. 178-183.
4. R.G. Hill, T.R. Marker, C.P. Sarkos. Evaluation and optimization of an orboard water spray fine suppression system in aircraft; *Proceedings of Water Mist Fire Suppression Workshop, NIST, Gaithersburg, MD (1993)*.
5. New extinguishing system for use in aircraft cabin // *Fire.* – 1987. - 80 № 991, 7.
6. Resent work on fire control using fire water spray at the Fire Research station / Cousin C.S. 1 st. Int. Conf. Fire Suppression Res., Stockholm-Boras, May 5-8, 1992; *Proc.* – Stockholm, 1992. - С. 19-21.
7. MSC/Circ 1165. *Peresmotrennoe rukovodstvo po odobreniyu ehkvivalentnyh sistem pozharotusheniya na vodyanoj osnove dlya mashinnyh otdelenij i gruzovyh nasosov.*

DETERMINATION OF FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF THE EXPERIMENTAL SAMPLE OF SHIP SYSTEM OF FIRE-FIGHTING WITH USE OF THIN OPEN WATER FOR PROTECTION MACHINE AND MACHINE-BOILER DEPARTMENTS

Based on the tests carried out in accordance with the requirements of the International Maritime Organization (IMO), the extinguishing effectiveness of a prototype of a low-pressure marine fire extinguishing system using fine-dispersed water for the protection of engine compartments in fires of spilled fuel was determined.

It has been experimentally determined that the addition of a film-forming foaming agent to the water has made it possible to significantly reduce the extinguishing time of the foci of fire and the total consumption of the extinguishing agent supplied for extinguishing.

The obtained test results can be used in the development of ship fire extinguishing systems with finely dispersed water.

Key words: *finely dispersed water, fire extinguishing efficiency, ship fire extinguishing system.*

Сперанский Александр Александрович,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Россия, г. Санкт-Петербург,

телефон: (812)441-0227, (812)441-0747.

Speransky A.A.,

Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,

St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, St. Petersburg.

Мамагин Сергей Викторович,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Россия, г. Санкт-Петербург,

телефон: (812)441-0227, (812)441-0747,

e-mail: smatagin@yandex.ru

Matagin S.V.,

Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,

St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, St. Petersburg.

Павлов Дмитрий Иванович,

старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности,

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,

Россия, г. Санкт-Петербург,

телефон: (812)441-0227, (812)441-0670,

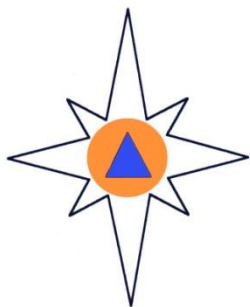
e-mail: dimpavlov@rambler.ru

Pavlov D.I.,

Senior Researcher of the Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the field of life safety,

St. Petersburg University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, St. Petersburg.



СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 519.7

АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО, ХИМИЧЕСКИ И БИОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

В.А. Иноземцев, В.И. Ковба, Е.А. Чугунов, Н.А. Шишко

Авторами статьи на основе ретроспективного анализа ряда крупнейших аварий на радиационных, химических и биологических объектах рассмотрены материалы, характеризующие целый комплекс проблем изучения, предупреждения и ликвидации последствий соответствующих чрезвычайных ситуаций как на территории СССР и Российской Федерации, так и на территориях зарубежных стран. В статье использован широкий круг разнообразных источников научной и иной информации, позволивший авторам сделать ряд актуальных выводов о проблемах предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, в том числе с привлечением сил и средств войск РХБ защиты. При этом ведущая роль в организации действий соединений и частей названных войск при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах, с точки зрения авторов, принадлежит органам управления, в первую очередь – управлениям войск РХБ защиты военных округов, которые должны обеспечить эффективное использование возможностей соединений и воинских частей войск РХБ защиты для успешного выполнения ими специальных задач в установленные сроки в сложных условиях обстановки.

Ключевые слова: анализ, авария, аварийно химически опасные вещества, чрезвычайная ситуация, радиационно, химически и биологически опасные объекты, атомные электростанции, радиоактивное загрязнение, масштабы и последствия.

События последних нескольких десятков лет наглядно свидетельствуют, что проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, социального и военного характера в 21 в. приобретают все более актуальный характер. Традиционные угрозы и опасности сохраняются, но при этом возникают и новые. Наблюдается усиление целого спектра социальных противоречий, ощутимо возрастает уязвимость городских инфраструктур к ударам стихии, энергетическим катастрофам и т. п. Масштабное и быстрое распространение различных инфекционных заболеваний все больше тревожит мировую общественность и правительства многих государств. Многие весьма обоснованные тревоги современного мирового сообщества связаны с использованием и дальнейшим развитием атомной энергетики. Значительная роль в этих процессах сегодня принадлежит России.

Важной особенностью ее ядерно-энергетического комплекса является то обстоятельство, что в 30-километровых зонах атомных электростанций (АЭС), а также вблизи

объектов ядерного топливного цикла расположены более 1,3 тыс. населенных пунктов, в которых проживают около 4 млн человек. Еще более 40 млн чел. реально проживают в зонах повышенной химической опасности. Не учитывать этого обстоятельства сегодня явно нельзя, особенно в условиях очевидного возрастания вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера, таких как: сейсмические, геологические и гидрометеорологические, которые также могут способствовать возникновению техногенных катастроф и аварий.

Не только в России, но и в мире в целом активно и широко обостряется проблема, связанная с эксплуатацией кораблей и судов, имеющих ядерные энергетические установки, в том числе давно уже выработавшие свой ресурс безопасности, а также проблема хранения и утилизации отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов.

Многолетние исследования масштабов и особенностей чрезвычайных ситуаций на радиационно, химически и биологически (РХБ) опасных объектах, имевших место как в нашей

стране, так и в ряде зарубежных стран, неизменно подтверждают, что их последствия во многом определяются готовностью к ликвидации аварий соответствующими органами управления, степенью проработки различных организационных аспектов, а также координацией действий различных сил, средств и рядом других подобных важных факторов.

Исходя из вышеизложенного целями статьи являются:

1. На основе ретроспективного анализа аварий и катастроф на РХБ опасных объектах, имевших место в нашей стране и ряде зарубежных государств, рассмотреть и оценить их возможные масштабы и последствия.

2. Определить основные направления организации взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах на территории России.

К основным понятиям, которыми намерены оперировать авторы статьи, относятся: РХБ опасные объекты; чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера и их классификация; аварии на РХБ опасных объектах.

Так, например, под **РХБ опасными объектами** в современной научной и научно-популярной литературе принято понимать потенциально опасные объекты, при эксплуатации которых используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, химические и биологические вещества [8].

Как известно, аварии и катастрофы в техносфере, опасные природные явления и стихийные бедствия, как правило, влекут за собой возникновение чрезвычайных ситуаций. Под **чрезвычайной ситуацией** (природного и техногенного характера) понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [4]. При этом **авария** на РХБ опасном объекте рассматривается авторами настоящей статьи как разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ, произошедшие вследствие отклонения (нарушения) от режима технологического процесса, нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на основном производственном объекте.

При изучении причин аварий и катастроф на РХБ опасных объектах представляется целесообразным все источники возникновения чрезвычайных ситуаций рассматривать с точки зрения существования двух основных их групп – внутренние и внешние события. Как правило, внутренние источники возникновения чрезвычайных

ситуаций связаны с нарушением технологических операций и неисправностью оборудования. Например, неправильные или ошибочные действия обслуживающего соответствующий объект персонала, разрыв трубопровода, разрушение емкостей с аварийно химически опасными веществами (АХОВ) и др. К внешним источникам относятся события, которые лежат вне самого процесса (объекта): взрывное и ударное действие ракет, бомб и снарядов, пулевое или осколочное пробивание защитных оболочек, гидростатическое воздействие воды, термическое воздействие при пожаре, падение самолета на объект, воздействие землетрясений, обвалов, селей, ураганов, ударов молний и др. [3, 5]. Внешние источники возникновения чрезвычайных ситуаций, в свою очередь, могут быть разделены на техногенные и природные события.

Основными характеристиками чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах являются их масштабы и последствия. Под **масштабами** чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах понимается – общее количество районов РХБ заражения (загрязнения), их пространственно-временное распределение по типу радиоактивных, АХОВ, группе и виду биологических средств (БС), а **последствия** характеризуются ущербом, выраженным в потерях населения и войск (сил), материальных средств, загрязнении (заражении) окружающей среды, а также затратах финансовых средств.

Полагаем уместным рассмотреть возможные масштабы и последствия чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах на примерах исторических и современных фактов.

К радиационно опасным объектам (РОО) относятся: АЭС; предприятия ядерно-топливного цикла; пункты захоронения радиоактивных отходов; химические предприятия (объекты) по производству и хранению токсичных химических веществ, коммуникации (трубопроводы) по их транспортировке; объекты Вооруженных Сил России с ядерными энергетическими установками и устройствами, содержащие (хранящие) ядерные боеприпасы, береговые технические базы ремонта и перезарядки атомных реакторов, судоремонтные заводы, на которых сосредоточено большое количество отработанного и свежего ядерного топлива, твердых и жидких радиоактивных отходов, базы и склады хранения ракетного топлива и горючего, объекты хранения раздражителей, научно-исследовательские институты микробиологии и военной медицины.

Аварии на АЭС в зависимости от масштабов и последствий подразделяются на 4 категории: 1 – локальная (в пределах промышленной площадки); 2 – местная (область радиационного загрязнения местности находится внутри санитарно-защитной зоны); 3 – средняя (в пределах ближайшего города, района); 4 – крупная авария (область радиоактивного загрязнения выходит за пределы 100 км и охватывает

несколько областей, республик, государств или один или несколько городов с количеством населения более 1 млн чел.).

Масштабы и последствия чрезвычайных ситуаций на РОО могут составлять от единичных случаев до 1000 и более человек пострадавших, от сотен квадратных метров до десятков квадратных километров радиоактивного загрязнения прилегающей территории [3, 5].

Только с момента рождения ядерной энергетики до 1971 г. в 14 странах мира на ее объектах произошла 151 авария с различной интенсивностью выбросов радиоактивных продуктов в окружающую среду. Их диапазон весьма широк и простирается от аварий на АЭС до падения на Землю космических аппаратов с ядерными энергетическими источниками на борту.

Так, например, первая крупнейшая радиационная авария на территории Советского Союза произошла 29 сентября 1957 г. на Южном Урале на производстве по изготовлению ядерного топлива.

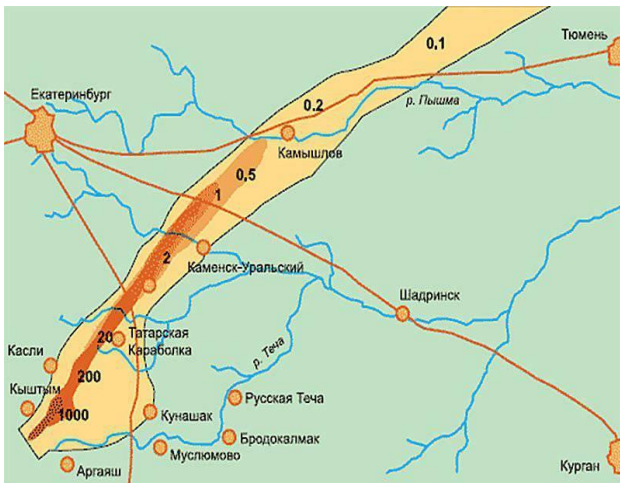


Рис.1. Масштабы радиационной аварии на МПО «Маяк» в Челябинске-40 29 сентября 1957 г.

На химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе «Челябинск-40», из-за выхода из строя системы охлаждения вследствие коррозии и поломки средств контроля произошел взрыв емкости объемом 300 м³, где содержалось около 80 м³ высокордиоактивных ядерных отходов с подъемом на высоту 1 – 2 км облака, состоящего из жидких и твердых аэрозолей. Общая протяженность Восточно-Уральского радиоактивного следа составила примерно 300 км в длину при ширине 5–10 километров. На этой площади почти в 23 тыс. км² проживало более 270 тыс. чел. в 217 населенных пунктах трех областей: Челябинской, Свердловской и Тюменской. В ходе ликвидации последствий аварии 23 деревни из наиболее загрязненных районов с населением от 10 до 12 тыс. чел. были отселены, а строения, имущество и скот уничтожены. Соответствующее расследование было предпринято

представителями атомной промышленности, однако независимого и действительно объективного расследования до сих пор не проведено. До настоящего времени не опубликованы ни технический, ни химический отчеты по этой аварии. Данное обстоятельство позволяет ряду специалистов полагать, что на химкомбинате «Маяк» произошел ядерный взрыв.

26 апреля 1986 г. в результате ошибочных действий обслуживающего персонала на Чернобыльской АЭС произошел тепловой взрыв 4-го энергоблока [10]. Человечество еще не знало подобных масштабов временного и территориального радиоактивного загрязнения. Чернобыльская катастрофа, несомненно, явилась событием века, трагические последствия которого почувствовали граждане не только России, но и Белоруссии, Украины, целого ряда других стран. Тысячи людей пострадали не только от пагубного воздействия радиации, но и от того, что были вынуждены покинуть свои дома, родные места и т. д.

В результате названной катастрофы из разрушенного реактора было выброшено в атмосферу от 8 до 15 тонн продуктов деления. Вследствие этого радиоактивному загрязнению подверглось более 56 тыс. км² территории Российской Федерации, в том числе 13 областей и Республика Мордовия, это около 2 млн. га сельскохозяйственных угодий и около 1 млн га земель лесного фонда. В наибольшей степени радиоактивному загрязнению подверглись 4 области – Брянская, Калужская, Орловская и Тульская. На радиоактивных территориях проживало в момент катастрофы около 3 млн чел., было отселено 220 тыс. граждан из 580 населенных пунктов [2]. Катастрофа в Чернобыле с 1986 по 2000 г. обошлась советскому государству в 200 млрд руб. Финансовые масштабы этой катастрофы оцениваются в 16 годовых бюджетов СССР 1986 г. Более 900 дней продолжались активные работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, в которых было задействовано ежегодно только военнослужащих около 40 тыс. человек, свыше 10 тыс. единиц специальной техники (более 210 воинских частей и подразделений общей численностью 340 тыс. военнослужащих, из них 24 тыс. – кадровых).

Число опасных в радиационном отношении объектов в современном мире перманентно возрастает. Известно, что в начале 1990-х гг. в 34 странах существовало около 260 АЭС, в составе которых имелось свыше 420 реакторов. К началу 21 в. число стран, обладающих АЭС, выросло до 45, а количество реакторов приблизилось к 500. Большое количество объектов, представляющих опасность в радиационном отношении, располагается в современной России, в том числе на кораблях ВМФ. По подсчетам «Гринпис», из 513 ядерных реакторов, находящихся ныне в Мировом океане кораблей и судов, свыше 400 являются российскими [1].

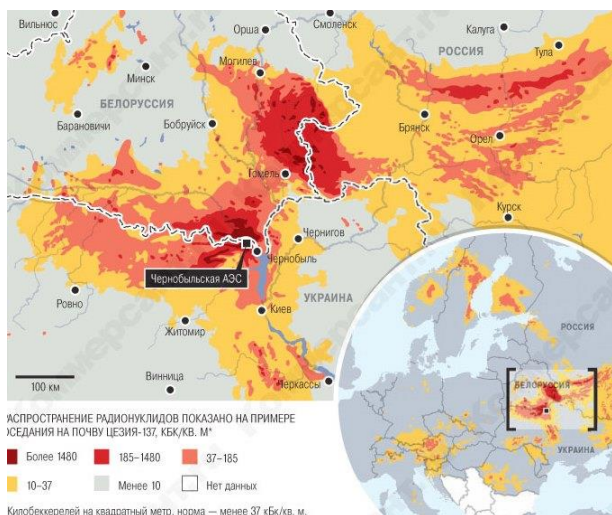


Рис. 2. Загрязнение территории России в результате аварии на ЧАЭС

Одним из ярких и весьма трагических примеров чрезвычайных ситуаций на объектах ВМФ с ядерными энергетическими установками может служить радиационная авария на атомной подводной лодке К-431. 10 августа 1985 г. при перезагрузке ядерного топлива на этой субмарине на судоремонтном заводе в дальневосточной бухте Чажма (Приморский край) в результате грубейших нарушений технологии проведения данной операции произошел мощный взрыв [6]. Он сорвал пятитонную крышку реактора и выбросил наружу его радиоактивное содержимое. При аварии пострадало 290 чел. – 10 погибли в момент аварии, у 10 чел. была выявлена острая лучевая болезнь, у 39 чел. – лучевая реакция. Авария наглядно продемонстрировала полную неподготовленность к решению задач чрезвычайного реагирования соответствующих служб Тихоокеанского флота [9]. Для ликвидации ее последствий потребовались усилия более 2 тыс. чел. и не менее 10-ти типов различных подразделений флота. Для координации действий по ликвидации последствий данной аварии возникла необходимость создания командного пункта управления, приглашение экспертов и консультантов, формирование штаба чрезвычайной ситуации, подразделений особого назначения, введение специального режима работ и разноплановое широкое взаимодействие с гражданским населением прилегающей территории, союзными органами исполнительной власти.

Ряд специалистов в области атомной энергетики небезосновательно полагает, что причины Чажминской и Чернобыльской аварий

практически идентичны. Речь идет о том, что персоналом были допущены грубейшие нарушения соответствующих инструкций, приведшие к столь трагическим последствиям. При этом факты аварии и ее последствий в Чажме руководством различных уровней тщательно скрывались как от специалистов, так и от общественности. С точки зрения сегодняшнего дня очевидно, что если бы доклады и отчеты соответствующих руководителей в адрес Министерства обороны и Правительства СССР были объективны, правдивы и точны, то могли бы быть осуществлены надлежащие меры, нацеленные на проверку всех ядерных объектов, имевшихся в стране, что в значительной степени снизило бы вероятность Чернобыльской трагедии, произошедшей уже в следующем 1986 г. [2].

6 апреля 1993 г. на радиохимическом заводе Сибирского химического комбината в Томске-7 произошел взрыв аппарата по экстракции плутония и урана, содержащего раствор нитрата уранила в объеме 25 м³. Наиболее вероятная причина аварии, по мнению специалистов, – недостаточная подача воздуха для перемешивания раствора, связанная с грубейшим нарушением оператором технологического регламента.

При взрыве большая часть плутония и иных радиоактивных веществ оказалась выброшенной непосредственно в атмосферу. Ветром образовавшееся облако радионуклидов отнесло на несколько километров от завода в малонаселенный район. В результате аварии зона радиоактивного загрязнения местности вытянулась на 25 км и заняла площадь около 100 км².

Сразу же после взрыва персонал предприятия был оповещен сиреной и смог воспользоваться респираторами. Люди, не принимавшие участия в ликвидации аварии, были оперативно эвакуированы. Пожарная служба завода сумела принять эффективные меры к тушению возникшего пожара, и он был ликвидирован в течение 10 минут. Однако в результате аварии радиоактивному облучению подверглись около 2 тыс. чел. в основном из числа ее ликвидаторов. Впоследствии меры, принимавшиеся для ликвидации аварии и её последствий, экспертами МАГАТЭ были признаны эффективными и своевременными.

По некоторым результатам обследования 2010 г. состояния здоровья детей, проживающих на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, выявлены многочисленные жалобы на такие симптомы, как: слабость, ухудшение памяти, быстрая утомляемость и др.

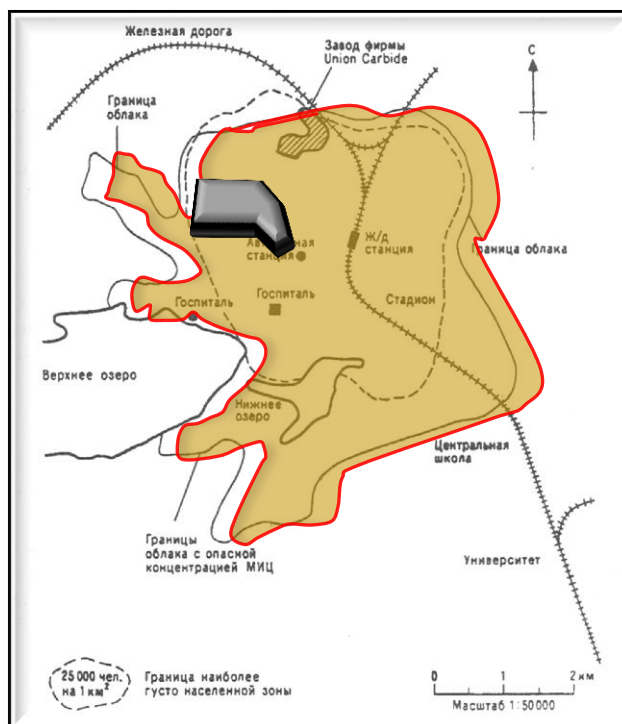


Рис. 4. Масштабы аварии на химическом предприятии в г. Бхопал 3 декабря 1984 г.

Другая химическая авария, которая, по утверждению специалистов, не имеет аналогов в мировой практике по масштабам выброса аммиака, произошла 20 марта 1989 г. на производственном объединении «Азот» в г. Ионава (Литва, СССР). Названное предприятие выпускало органические смолы, метанол, аммиак и минеральные удобрения. Оно ежегодно производило свыше 500 тыс. тонн аммиака, все запасы которого хранились в специальном резервуаре емкостью 10 тыс. тонн и ещё в двух резервуарах по 400 тонн каждый, представляющих собой изотермические (обеспечивающие постоянную температуру) хранилища. В результате значительного повышения давления произошло разрушение резервуара, сопровождавшееся выбросом 7 тыс. тонн сжиженного аммиака с последующим пожаром природного газа, поступавшего из разрушенного трубопровода и склада нитрофоски. В условиях непредвиденного характера развития аварии, сопровождавшейся образованием крупно площадного источника химического заражения («аммиачного озера») с поверхностью испарения 10 тыс. м², создалась сложная и опасная химическая обстановка на самом объекте и прилегающей к нему территории. Площадь зоны заражения, где угроза поражения людей была наиболее реальной, достигла нескольких сотен км². Глубина распространения облака зараженного воздуха составила до 40 км. Только принятие оперативных и достаточно эффективных мер по ликвидации аварии позволило избежать крупных жертв, но, тем не менее, погибло 7 чел., 57 – получили поражения различной степени тяжести.

Задача оценки масштабов и последствий разрушений (аварий) на биологически опасных объектах (БОО) по своей сложности является трудно прогнозируемой. В случае чрезвычайных ситуаций на БОО в зависимости от профиля их функционирования объем находящихся на них активных микроорганизмов различных групп патогенности может составлять несколько десятков мл, но представлять при этом исключительную опасность. При условиях высокой контагиозности возбудителя, а также соответствующих метеоусловиях, подобная ситуация может привести к образованию обширных площадей биологического заражения, возникновению массовых заболеваний и эпидемий. Так, 2 апреля 1979 г. при выбросе спор сибирской язвы из вентиляционной системы в Свердловске-19 число официально погибших составило 64 чел.

Кроме того, следует иметь в виду исключительно важные последствия вакцинации. Число людей, чье здоровье было непоправимо подорвано поголовной вакцинацией жителей района, вряд ли поддается учету – в нее попали только из числа гражданских лиц более 50 тыс. чел. По статистике население Чкаловского района г. Свердловска за последующие 10 лет по сравнению с другими районами города не возросло, а снизилось. По самым скромным оценкам, за десятилетие минимальная потеря населения составила не менее 35-50 тыс. чел. В жилых кварталах, расположенных южнее Свердловска-19, начали особенно интенсивно рождаться дети с различными отклонениями в состоянии здоровья. Среди прочего – более чем у 80 % новорожденных наблюдалась патология

центральной нервной системы.

Материалы специальных исследований показывают, что при технологических авариях (разрушениях) на БОО, использующих в своей работе микроорганизмы I и II степеней патогенности (сальмонеллезы, чума, холера, туляремия, кишечная палочка, мелодиоз, сап), глубина возможного заражения не превысит 1-2 км от границ объекта, однако потребует введения карантинных и обсервационных мероприятий с целью недопущения дальнейшего распространения опасных инфекционных заболеваний на срок от 7 до 30 суток.

В завершающей части полагаем возможным привести несколько тезисов резюмирующего и прогностического характера в рамках рассматриваемой тематики.

Возможные масштабы и последствия чрезвычайных ситуаций на РОО могут повлечь массовые (ингаляционные) потери незащищенного личного состава войск при разрушении АЭС, что будет вызвано воздействием газообразного облака радионуклидов на расстоянии до 20 км от аварийного реактора, а переоблучение населения в районах дислокации возможно на удалении до 100 км от него.

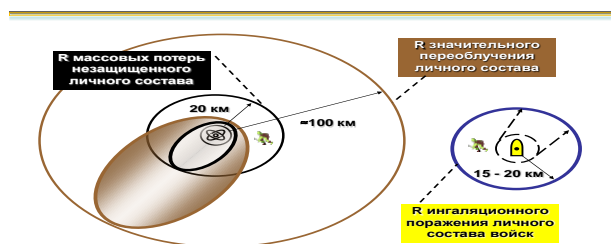


Рис. 5. Возможные масштабы и последствия разрушений (аварий) РХБ опасных объектов

При разрушении (аварии) ХОО в благоприятных метеоусловиях распространения АХОВ ингаляционное поражение населения будет иметь место в радиусе 15-25 км, длительность заражения приземного слоя атмосферы от одного объекта может составить от 3-4 до 35-40 часов, а в целом за аварию – до 10 суток для больших запасов АХОВ с малыми скоростями испарения.

При разрушении (аварии) БОО зона распространения дисперсных биологических аэрозолей может составить до 1-2 км. В пределах ее, при определенных условиях, будет сохраняться опасность поражения личного состава длительное время и потребуются проведение карантинных и обсервационных мероприятий.

Оценка опасностей возникновения чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах показывает, что среди техногенных источников наибольшую долю по тяжести поражения, масштабам и долговременным действиям поражающих факторов по-прежнему составляют радиационные катастрофы на РОО.

Анализ возможных масштабов и

последствий чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах на территории России в мирное время подтверждает, что по своим пространственным границам, возможному ущербу и продолжительности воздействия они могут оказать существенное влияние на личный состав, население и территорию государства. Это обстоятельство с неизбежностью требует от органов управления, привлекаемых соединений и воинских частей всестороннего учета и анализа возможного объема задач по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах с целью обеспечения максимально оперативного и эффективного реагирования. При этом содержание и возможный объем задач по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на различных РХБ опасных объектах в каждом конкретном случае будет иметь определенные особенности.

К повышению риска возникновения аварий на РХБ опасных объектах ведут, как правило, следующие факторы: старение основных фондов, снижение выделяемых средств на ремонт и обслуживание, нежелание собственников предприятий содержать технический персонал, несущий ответственность за безопасную эксплуатацию производства, тратить надлежащие средства на его подготовку. Подавляющее большинство таких объектов было построено и введено в эксплуатацию 50-60 лет назад. При нормативном сроке эксплуатации до 15 лет химико-технологическое оборудование к настоящему времени многократно выработало свои ресурсы, морально устарело и физически изношено. Уровень критического износа основных фондов составляет на: ХОО – 70 %, взрывоопасных объектах – 60 %, РОО – 40 %.

Кроме того, на территории России зарегистрировано более 100 тыс. сибирезвенных скотомогильников (споры сибирской язвы способны более 80 лет сохраняться в почве), которые создают весьма реальную угрозу возникновения эпизоотий и эпидемий. Сохраняются стойкие природные очаги чумы на территории Южного и Сибирского федеральных округов, где ежегодно регистрируются случаи массовых заболеваний чумой среди грызунов.

Если иметь в виду соответствующие проблемы и перспективы, связанные с авариями и катастрофами на РХБ опасных объектах и объектах иного опасного свойства в современной России в целом, то важно, на наш взгляд, отметить следующее: известным изданием РБК составлен рейтинг на основе соответствующих исследований под названием «ТОП – 7 КАТАСТРОФ (АВАРИЙ), ГРОЗЯЩИХ РОССИИ В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ» (согласно ему, кроме лесных пожаров и цунами, россиянам следует опасаться новых крупных катастроф на транспорте, аварий на нефте- и газопроводах, гидротехнических и РХБ опасных объектах, прежде всего ядерных):

1. Аварии на транспорте.
2. Аварии на гидротехнических

сооружениях (прежде всего следует бояться прорывов плотин на Волге и на сибирских реках, что может привести к миллионам жертв).

3. Пролив нефтепродуктов (Россия остается одной из основных нефтегазодобывающих стран мира. Однако старение трубопроводов, экстремальные климатические условия, работа в новых для российских компаний условиях могут стать причинами крупных катастроф. По мнению экспертов, опасность могут представлять нефте-, газо-, химические производства на устаревшем оборудовании).

4. Аварии в сфере ЖКХ (о старении всех коммуникаций, построенных еще в советские времена, россиянам «напоминают» каждую зиму. Районы и целые города остаются без воды и тепла. Дома, десятилетиями не видевшие капитального ремонта, стареют и обваливаются).

5. Аварии на ядерных объектах (после аварии на японской АЭС «Фукусима» атомная энергетика заняла второе место среди фобий россиян. «Это связано прежде всего с тем, что ядерные объекты стареют, а также есть вопросы к качеству обучения большей части персонала», - считает руководитель программ Greenpeace Иван Блоков. Поддерживает его и эксперт по глобальным катастрофам Алексей Турчин. Однако он считает, что последствия таких аварий будут не столь губительными, как при прорывах плотин или выделении метана из Арктики, что ведет к потеплению климата).

6. Блэкаут (плачевное состояние российской энергетики может привести к очередным масштабным отключениям электроэнергии. Подобные блэкауты парализуют жизнь целых городов и приводят к серьезным экономическим убыткам, а иногда – к гибели людей. МЧС России отмечает, что ЧС возможны в случае возникновения аварии на крупных ТЭЦ. В Министерстве спрогнозировали возможность таких инцидентов в 30 регионах страны, в т. ч. в Москве. Аналитики также отмечают, что уровень износа электросетей достаточно высокий – около 50-70%, поэтому технологические события из-за плохого состояния оборудования вполне вероятны).

7. Обрушение шахт (аварии на шахтах происходят регулярно, причем почти каждая сопровождается человеческими жертвами. Причинами аварий на шахтах обычно становятся выбросы метана, обрушение кровли, нарушение технологии угледобычи, неисправность электрооборудования, человеческий фактор. Впрочем, эксперты полагают, что после печально известной аварии на шахте «Распадская» безопасность угледобычи значительно возросла, и катастроф, надеются они, станет меньше).

С каждым годом техническое наследие Советского Союза устаревает, не ремонтируется и угрожает России значительными катастрофами. «Катастрофы были, есть и будут, но их будет больше», – спрогнозировал директор Института

исследования природных и техногенных катастроф Удмурдского госуниверситета Владимир Колодкин. Эксперты сходятся во мнении, что самые крупные техногенные катастрофы последних лет, такие как аварии на Саяно-Шушенской ГЭС и шахте «Распадская», гибель теплохода «Булгария» и падения самолетов, и ветеранов заставляют готовиться к худшему.

Закключение. Проблемы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории России, да и во всем мире, в настоящее время требуют пристального изучения, как в научном, так и в практическом плане. Комплексный анализ возможных основных угроз и опасностей показывает, что на территории РФ сохраняется высокая степень риска возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций различного характера.

Ведущая роль в организации действий соединений и частей войск РХБ защиты при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на РХБ опасных объектах принадлежит соответствующим органам управления, в первую очередь – управлениям войск РХБ защиты военных округов. Именно эти органы призваны и должны обеспечить эффективное использование возможностей соединений и воинских частей войск РХБ защиты для успешного выполнения ими специальных задач в установленные сроки в любых, самых сложных условиях обстановки. Сложность выполнения задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций диктует необходимость участия и взаимодействия различных министерств и ведомств России. На организацию взаимодействия не должны влиять никакие межведомственные, финансовые и другие разногласия. От четкой организации взаимодействия, заблаговременно согласованных и отработанных вопросов, слаженных совместных действий зависит успешная организация ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, спасение жизней людей и обеспечение выполнения войсками соответствующего военного округа возложенных на них задач. Наиболее серьезных усилий и постоянного внимания требует подготовка органов военного управления, войск (сил) к ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Важнейшим итогом решения соответствующих задач должно стать максимальное приближение подготовки органов управления и войск (сил), ориентированных на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций, к условиям реальной действительности, требованиям законодательных и директивных документов.

Основными направлениями совершенствования взаимодействия между федеральными органами исполнительной власти являются: повышение качества планирования и уточнение периодичности проведения мероприятий подготовки органов управления и войск (сил) к ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

дальнейшее совершенствование существующих и внедрение новых форм и методов обучения личного состава; повышение практической направленности и результативности подготовки органов управления и войск (сил); изучение и широкое внедрение в организацию подготовки автоматизированных систем управления, электронной вычислительной техники, специальных расчетных методик и задач. У современной России уже имеется положительный опыт объединения усилий различных министерств и ведомств федерального уровня в решении задач и проблем обеспечения надлежащего функционирования национальной системы химической и биологической безопасности в масштабе всей страны [7]. Этот опыт, несомненно, нуждается не только в творческом применении, но и в развитии и в разностороннем осмыслении и обогащении.

Кроме того, следует учитывать, что своевременное и эффективное решение комплекса проблем, связанных с авариями на РХБ опасных объектах, затрагивает жизненно важные интересы не только граждан какой-либо конкретной страны или какого-либо региона планеты, а всего человечества в целом, причем как в настоящем, так и в будущем.

Изучение данного комплекса проблем, как показывает исторический опыт, имеет характерную тенденцию к постоянному обнаружению огромного множества новых и весьма острых вопросов, ответов на которые пока нет. К их числу следует отнести не только вопросы, касающиеся материально-технических и военно-силовых аспектов соответствующей безопасности, но и вопросы такого свойства, как: надлежащая организация постоянного и действительно эффективного государственного, а при необходимости и международного, регулирования, контроля и надзора, создание действенных правовых механизмов прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, применение не только эффективных, но и экологически надежных способов обеспечения безопасности, рациональное размещение производительных сил и поселений на территории страны, борьба с терроризмом, всестороннее осмысление и разработка многочисленных концептуальных, методологических, прикладных, историко-теоретических и иных составляющих рассматриваемой тематики.

Библиография

1. Блинов С.Ю., Зверев А.П. *Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях техногенного характера: учеб. пособие* / С.Ю. Блинов, А.П. Зверев. – СПб., 2014.
2. Крышев И.И. *Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии* / И.И. Крышев, Р.М. Алексахин, И.Н. Рябов [и др.]. – М.: Наука, 1991.
3. *Методические рекомендации по организации и функционированию Единой системы выявления и оценки масштабов и последствий применения оружия массового поражения и аварий (разрушений) на РХБ опасных объекта* [Текст]: учебно-методическое пособие / В.А.Иноземцев, И.А.Варешко, В.В.Рылин [и др.]. – М. ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ», 2015. - 103 с.
4. *О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями от 11.02.2008 № 309-ФЗ). Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ.* [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/.
5. *О Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: Постановление Правительства России от 30.12.2003 № 794.* [Электронный ресурс]: URL: <http://base.garant.ru/186620/>. [Электронный ресурс]: URL: <http://base.garant.ru/186620/>.
6. Осипенко Л., Жильцов Л., Мормуль Н. *Атомная подводная эпопея. Подвиги, неудачи, катастрофы* / Л. Осипенко, Л. Жильцов, Н. Мормуль. – М.: Боргес, 1994.
7. *О федеральной целевой программе «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009-2014 годы)»:*

References

1. Blinov S.YU., Zverev A.P. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti v chrezvychajnyh situatsiyah tekhnogennogo haraktera: ucheb. posobie* / S.YU. Blinov, A.P. Zverev. – SPb., 2014.
2. Kryshev I.I. *Radioehkologicheskie posledstviya Chernobyl'skoj avarii* / I.I. Kryshev, R.M. Aleksahin, I.N. Ryabov [i dr.]. – M.: Nauka, 1991.
3. *Metodicheskie rekomendacii po organizacii i funkcionirovaniyu Edinoj sistemy vyyavleniya i ocenki masshtabov i posledstvij primeneniya oruzhiya massovogo porazheniya i avarij (razrushenij) na RHB opasnyh ob"ekta* [Tekst]: uchebno-metodicheskoe posobie / V.A.Inozemcev, I.A.Vareshko, V.V.Rylin [i dr.]. – M. VUNC SV «OVA VS RF», 2015. - 103 s.
4. *O zashchite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera (s izmeneniyami i dopolneniyami ot 11.02.2008 № 309-FZ). Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 21.12.1994 g. № 68-FZ.* [EHlektronnyj resurs]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/.
5. *O Edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: Postanovlenie Pravitel'stva Rossii ot 30.12.2003 № 794.* [EHlektronnyj resurs]: URL: <http://base.garant.ru/186620/>. [EHlektronnyj resurs]: URL: <http://base.garant.ru/186620/>.
6. Osipenko L., ZHil'cov L., Mormul' N. *Atomnaya podvodnaya ehpopeya. Podvigi, neudachi, katastrofy* / L. Osipenko, L. ZHil'cov, N. Mormul'. – M.: Borges, 1994.
7. *O federal'noj celevoj programme «Nacional'naya sistema himicheskoy i biologicheskoy bezopasnosti*

постановление Правительства РФ от 27.10.2008 (ред. От 17.10.2014).

8. Словарь оперативно-стратегических терминов. – М.: ВАГШ ВС РФ, 2012.

9. Храмов В.М. Почему ядерная катастрофа в Приморье не предупредила Чернобыль? / В.М. Храмов // «Тайфун» Военно-технический альманах. - 1999. - № 16.

10. Чернобыльская катастрофа (1986 г.) // Катастрофы конца XX века / под общ. ред. д.т.н. В.А. Владимировой. Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – М.: УРСС, 1998.

Rossijskoj Federacii (2009-2014 gody)»: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.10.2008 (red. Ot 17.10.2014).

8. Slovar' operativno-strategicheskikh terminov. – М.: VAGSH VS RF, 2012.

9. Hramcov V.M. Pochemu yadernaya katastrofa v Primor'e ne predupredila Chernobyl'? / V.M. Hramcov // «Tajfun» Voенно-tekhnicheskij al'manah. - 1999. - № 16.

10. Chernobyl'skaya katastrofa (1986 g.) // Katastrofy konca HKH veka / pod obshch. red. d.t.n. V.A. Vladimirova. Ministerstvo RF po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij. – М.: URSS, 1998.

ACCIDENTS AT RADIATION, CHEMICALLY AND BIOLOGICALLY HAZARDOUS FACILITIES: PAST, PRESENT AND FUTURE

On the basis of the retrospective analysis of a number of the largest accidents at radiation, chemical and biological facilities the authors give consideration to the aspects regarding the entire complex of problems in study and prevention of emergency situations as well as disaster relief in either the USSR and the Russian Federation or foreign countries. A wide range of various sources of scientific and other information has been used, that led the authors to the topical conclusions on the problems of emergency prevention and disaster relief, involving the forces and means of the NBC defense. According to the authors, the leading role in the organization of the NBC units in emergency situations at radiation, chemical and biological facilities belongs to the command and control bodies, first of all, to the military NBC services of the military districts, which must provide the effective use of assets and capabilities of NBC units for a successful accomplishment of special tasks in difficult conditions and within the given time limits.

Key words: analysis; accident; chemically hazardous substances; emergency situation; radiation, chemically and biologically hazardous facilities; nuclear power plants; radioactive contamination; scope and consequences.

Иноземцев Валерий Александрович,

начальник кафедры общей тактики и оперативного искусства,
кандидат химических наук,

Военная академия РХБ защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко,
Россия, г. Кострома.

top59@mail.ru, 89164837940

Inozemtsev V.A.,

Chief of the Department of General Tactics and Operational Art of War,
PhD in Chemistry,

Nuclear, Biological and Chemical Defense Military Academy named after Marshal of the Soviet Union S. K. Timoshenko,
Russia, Kostroma.

Ковба Виктор Иванович,

доцент кафедры общей тактики и оперативного искусства,
кандидат военных наук, доцент,

Военная академия РХБ защиты им. Маршала Советского Союза С.К.Тимошенко,
Россия, г. Кострома.

viktorkovba@yandex.ru, 89065222143

Kovba V.I.,

Assistant Professor of the Department of General Tactics and Operational Art of War,
PhD in Military Science, Associate Professor,

Nuclear, Biological and Chemical Defense Military Academy named after Marshal of the Soviet Union S. K. Timoshenko,

Russia, Kostroma.

Чугунов Евгений Анатольевич,

научный сотрудник,

кандидат исторических наук, доцент, член Петровской академии наук и искусств,

член-корреспондент Академии военно-исторических наук; действительный член

Российской общественной ноосферной академии наук им. В.И.Вернадского

Военная академия РХБ защиты им. Маршала Советского Союза С.К.Тимошенко;

Россия, г. Кострома.

E.A.Chugunov@yandex.ru; 89109273793

Chugunov E.A.,

Researcher,

PhD in historical science, associate professor,

member of the Petrovsky Academy of Sciences and Arts, corresponding member of the

Academy of Military-Historical Sciences; acting member of the Russian Public Noospheric

Academy of Sciences after V. I. Vernadsky,

Nuclear, Biological and Chemical Defense Military Academy named after Marshal of the

Soviet Union S. K. Timoshenko,

Russia, Kostroma.

Шишко Николай Александрович,

Начальник части

ФКУ «Центр управления в кризисных ситуациях» ГУ МЧС России по республике

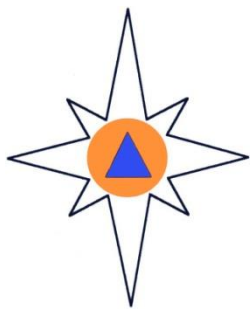
Крым

Shishko N.A.,

The chief

Crisis Management Centre of the Ministry of Emergency Situations of Russia of the

Republic of Crimea.



ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 614.849

О ВОЗМОЖНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ю.А. Андреев, М.В. Елфимова, А.А. Мельник, П.В. Ширинкин, А.Н. Батуро

Статья посвящена актуальному вопросу - совершенствованию профилактических мероприятий в области пожарной безопасности. Для принятия организационно-управленческих решений необходимо иметь объективную информацию о существующем состоянии профилактической работы. В ряде статей, посвященных данному вопросу, по мнению авторов статьи, не в полной мере учитываются аспекты профилактической работы в области пожарной безопасности. Авторами предлагается подход к оценке эффективности и востребованности профилактических мероприятий в области пожарной безопасности, основанный на разделении мероприятий по различным признакам, таким как: направленность профилактического мероприятия; его содержание; круг лиц воздействия; характеризующие показатели мероприятия, кем реализуется профилактическое мероприятие; местные особенности реализации мероприятия; период эффективного воздействия; продолжительность проведения мероприятия; единица измерения результата мероприятия; условная (сравнительная) эффективность мероприятия. Авторами предложены определения понятий «эффективность профилактического мероприятия» и «востребованность профилактического мероприятия». Предложенный в статье подход к оценке эффективности и востребованности профилактических мероприятий в области пожарной безопасности даст возможность выработать вариант более объективной оценки деятельности, направленной на профилактику пожаров, учесть влияние и затратность профилактических мероприятий при планировании данной деятельности с учетом имеющихся ресурсов и территориальных особенностей.

Ключевые слова: профилактика пожаров, мероприятия, эффективность, востребованность, показатель эффективности профилактического мероприятия.

В последние годы в Российской Федерации наблюдается устойчивая тенденция снижения количества пожаров как в абсолютных, так и в относительных цифрах [1]. С 2012 по 2016 год гибель людей при пожарах снизилась с 11652 до 8749 человек, а количество травмированных при пожарах - с 12229 до 9905 человек. Несмотря на значительное снижение указанных показателей, Россия до сих пор остается среди мировых «лидеров» по относительным показателям гибели людей при пожарах [2]. Количество пожаров и погибших (пострадавших) при них людей является комплексным показателем, отражающим в совокупности действенность всех мероприятий, направленных на борьбу с пожарами в

существующих условиях (экономических, климатических, социально-демографических и т.д.). Исходя из высоких значений показателей обстановки с пожарами в Российской Федерации (в сравнении со среднемировыми) можно сделать вывод о низкой действенности мероприятий, направленных на борьбу с пожарами.

Мероприятия по борьбе с пожарами, по их направленности, можно разделить на две большие группы: профилактические мероприятия и мероприятия по тушению пожаров. Действенность мероприятий по тушению пожаров определяется успешностью решения основной боевой задачи подразделениями пожарной охраны, а также рядом

иных факторов, влияние которых авторами при разработке возможного подхода не учитывалось.

Под профилактическими мероприятиями в данном случае понимаются все мероприятия, направленные на профилактику пожаров. Профилактика пожаров - совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий [3].

Подходам к оценке результативности и эффективности действий надзорно-профилактических органов МЧС России посвящен ряд работ [4,5,6 и др.]. Так, в работе рассматриваются имеющиеся методики оценки эффективности деятельности органов ГПН и предлагается определять их эффективность исходя, в том числе, из предотвращенного экономического ущерба от гибели и травмирования людей при пожарах. Кроме трудностей при определении «стоимости жизни» в данной методике есть иные допущения, связанные с тем, что не все мероприятия, связанные со снижением гибели и травмирования при пожаре, проводятся сотрудниками надзорных органов МЧС России. Как определить вклад органов ГПН в общую статистику снижения гибели и травмирования людей при пожарах авторами не уточняется.

К сложностям использования подхода и методики оценки, предлагаемых авторами в статье [5], можно отнести следующее:

1) у оцениваемых подразделений не учитываются особенности района обслуживания;

2) все изменения статистических показателей по обстановке с пожарами «присваиваются» к показателям деятельности только данного подразделения, что не будет объективным без учета деятельности иных подразделений и органов, в задачи которых входит обеспечение пожарной безопасности.

В статье [6] авторами затронуты основные аспекты деятельности инспекторского состава ФГПН, определены временные ресурсы для выполнения основных задач по профилактике пожаров и предложены пути для повышения эффективности данной работы.

Исходя из определения «профилактика пожаров», к профилактическим мероприятиям можно отнести всю совокупность мероприятий, направленных на снижение пожаров и последствий от них: контрольно-надзорные мероприятия; подготовка и информирование населения; формирование культуры безопасности жизнедеятельности населения в целом; нормативное правовое и техническое регулирование и многое другое.

В целях систематизации подходов к оценке эффективности и востребованности профилактических мероприятий предлагается их разделить на две группы, в зависимости от их направленности:

1. Профилактическая работа по предотвращению нарушений требований пожарной безопасности на объектах защиты (контрольно-надзорные мероприятия, профилактическая работа с администрацией объектов защиты, деятельность администрации объектов защиты и т.д.);

2. Профилактическая работа с населением (информирование, обучение, вовлечение и т.п.).

Для более детальной систематизации и структурирования авторами проводится работа по распределению профилактических мероприятий в зависимости от содержания мероприятия, объекта воздействия, субъекта воздействия и фактора (показателя), на который профилактическое мероприятие оказывает влияние и может быть определено численно, от трудозатратности мероприятия и т.д.

Эффективность каждого конкретного профилактического мероприятия (в классическом смысле термина «эффективность») определить невозможно, поскольку конечным результатом профилактического мероприятия является снижение количества пожаров, ущерба, гибели и т.п. А это всё комплексные показатели, на величину которых влияет совокупность профилактических мероприятий: социально-экономические, демографические, климатические и прочие факторы.

Аналогичная ситуация и с эффективностью профилактической работы в целом. Профилактика пожаров, подготовка населения и т.д. лежит в зоне ответственности различных ведомств, финансовое обеспечение этих мероприятий идёт из различных бюджетов и источников, пожарная безопасность объектов защиты на различных этапах их жизненного цикла контролируется различными ведомствами.

Применительно к пожарам и их последствиям, в отличие от, например, сферы деятельности налоговой инспекции, такой термин как «предотвращённый ущерб», на наш взгляд, реально оценён и применён не может быть (даже ущерб от крупного пожара довольно сложно оценить, поскольку экологический ущерб, ущерб от перестройки торгово-экономических связей и пр. трудно оценить, тем более в короткие промежутки времени).

При оценке эффективности профилактических мероприятий, полагаем, необходимо оперировать изменением величины характеризующих показателей (индикаторов) обстановки с пожарами в рассматриваемом периоде относительно. Для более детального представления предлагается следующее определение:

Эффективность профилактического мероприятия – это отношение достигнутого результата (снижение числа пожаров, гибели и травмирования людей, ущерба и пр.) к затратам времени и (или) объёму выполненных

профилактических мероприятий при определенных условиях.

Ввиду невозможности объективного определения эффективности того или иного профилактического мероприятия предлагается определять «относительную эффективность профилактического мероприятия», при этом предполагается использование статистических показателей обстановки с пожарами (в т.ч. загораниями) и их последствиями на определенной территории в сравнении:

- 1) с показателями предыдущего 3-5 летнего периода (временная оценка);
- 2) со средними по России или региону (пространственная оценка);
- 3) с заранее определенными, заданными, установленными показателями в соответствии с приоритетами государственной политики в области пожарной безопасности (проблемно-ориентированная, целевая оценка).

На основании временной или пространственной динамики основных показателей обстановки с пожарами или в сравнении с установленными показателями может быть сделан вывод об эффективности профилактической деятельности.

Показатель эффективности профилактического мероприятия (\mathcal{E}) может быть определен как:

$$\mathcal{E} = k \frac{\text{Результативность мероприятия}}{\text{Затраты на выполнение профилактического мероприятия}}$$

Результативностью профилактического мероприятия будет являться изменение состояния объекта воздействия в абсолютных или относительных (приведенных) величинах за определенный период времени или в динамике, в сравнении со среднетерриториальными или с установленными показателями.

Затраты на выполнение профилактических мероприятий исчисляются в абсолютных величинах (рубли, часы, количество человек) за оцениваемый период времени.

k – корректирующий коэффициент, учитывающий региональные факторы.

Определив показатель эффективности профилактического мероприятия возможно провести анализ деятельности подразделений, органов, учреждений, кем осуществлялось данное мероприятие, сравнить действительность разных профилактических мероприятий, направленных на достижение одного результата, сравнить эффективность работы различных органов власти по обеспечению профилактики пожаров и пр.

Одним из основных результатов данного подхода к оценке эффективности профилактических мероприятий может стать выработка методики определения

востребованности профилактических мероприятий в области пожарной безопасности.

Востребованность профилактического мероприятия – необходимость, потребность, недостаточность или наоборот избыток профилактического мероприятия при определенных условиях, определяемый его действительностью (бездейственностью).

Определение востребованности профилактических мероприятий позволит более качественно и обоснованно спланировать деятельность надзорно-профилактического подразделения с учетом имеющихся ресурсов или скорректировать деятельность системы обеспечения пожарной безопасности на определенной территории.

Для дальнейшего совершенствования указанного подхода необходимо произвести определение характеризующих показателей для каждого профилактического мероприятия

- содержание профилактического мероприятия;
- круг лиц, на которых направлено воздействие профилактического мероприятия;
- на снижение каких характеризующих показателей обстановки с пожарами оказывает влияние (по причинам, виновникам, объектам пожаров, условиям, способствующим гибели и травмированию и т.п. – в соответствии с характеризующими показателями обстановки с пожарами);
- кем реализуется профилактическое мероприятие (в чьих полномочиях находится, кем финансируется);
- особенности проведения профилактического мероприятия (например, влияние местных особенностей (удаленность, преобладающая застройка и пр.);
- период эффективного воздействия профилактического мероприятия (периодичность проведения, время сохранения достигнутой результативности);
- продолжительность проведения профилактического мероприятия, трудозатраты и др. с учетом требований [8];
- единица измерения результата проведения профилактического мероприятия (количество объектов, охват населения и т.п.);
- условная эффективность профилактического мероприятия (сравнительная эффективность).

Заключение

Таким образом, при дальнейшей доработке предлагаемый вариант оценки эффективности и востребованности профилактических мероприятий в области пожарной безопасности даст возможность выработать подход к более объективной оценке деятельности, направленной на профилактику пожаров, учесть влияние и затратность профилактических мероприятий при планировании данной деятельности с учетом имеющихся ресурсов и территориальных особенностей.

Библиография

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2017, - 124 с.: ил. 40.
2. Мировая пожарная статистика. Отчет № 22. N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P/ Wagner URL: https://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report22_world_fire_statistics_2017.pdf (дата обращения 04.06.2018 г.).
3. О пожарной безопасности: федер. закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Войтенко О.В., Сай А.Р. Оценка экономических потерь от гибели и травмирования людей при пожарах как элемент оценки показателей эффективности деятельности органов государственного пожарного надзора / О.В. Войтенко, А.Р. Сай // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. – 2017. - №4. - С. 138-143. URL: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V94/18.pdf> (дата обращения 14.05.2018).
5. Порошин А.А. Методические подходы к оценке результативности деятельности пожарно-спасательных подразделений МЧС России / А.А. Порошин, Е.В. Бобринев, Е.Ю. Удавцова, А.А. Кондашов, С.И. Рюмина // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. - №1. - С.31-34. URL: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_31-34.pdf (дата обращения 14.05.2018).
6. Мартинович Н.В. Основные критерии снижения фактической нагрузки на инспекторский состав отделов надзорной деятельности по пожарному надзору ГПС МЧС России / Н.В. Мартинович, А.В. Антонов, И.Н. Татаркин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2016. - №1. - С.32-37. URL: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf> (дата обращения 14.05.2018).
7. Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 мая 2016 г. № 934-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. - 2016. - № 21. - Ст. 3 075.
8. Руководство по подготовке программы профилактики нарушений обязательных требований в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации. Письмо Заместителя Министра МЧС России С.А. Кададова от 10 января 2018 года № 43-104-19.

References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: statisticheskij sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. - M.: VNIPO, 2017, - 124 s.: il. 40.
2. Mirovaya pozharnaya statistika. Otchet № 22. N.N. Brushlinsky, M. Ahrens, S.V. Sokolov, P/ Wagner URL: https://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report22_world_fire_statistics_2017.pdf (data obrashcheniya 04.06.2018 g.).
3. O pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon ot 21.12.1994 N 69-FZ [EHlektronnyj resurs]. Dostup iz spravochno-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. Vojtenok O.V., Saj A.R. Ocenka ehkonomicheskikh poter' ot gibeli i travmirovaniya lyudej pri pozharah kasti ehlemten ocenki pokazatelej ehffektivnosti deyatel'nosti organov gosudarstvennogo pozharnogo nadzora / O.V. Vojtenok, A.R. Saj // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii. – 2017. - №4. - S. 138-143. URL: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V94/18.pdf> (data obrashcheniya 14.05.2018).
5. Poroshin A.A. Metodicheskie podhody k ocenke rezul'tativnosti deyatel'nosti pozharno-spasatel'nyh podrazdelenij MCHS Rossii / A.A. Poroshin, E.V. Bobrinev, E.YU. Udavcova, A.A. Kondashov, S.I. Ryumina // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. – 2018. - №1. - С.31-34. URL: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_31-34.pdf (data obrashcheniya 14.05.2018).
6. Martinovich N.V. Osnovnye kriterii snizheniya fakticheskoy nagruzki na inspektorskij sostav otdelov nadzornoj deyatel'nosti po pozharnomu nadzoru GPS MCHS Rossii / N.V. Martinovich, A.V. Antonov, I.N. Tatarkin // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. – 2016. - №1. - С.32-37. URL: <http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v1/7-13.pdf> (data obrashcheniya 14.05.2018).
7. Ob utverzhdenii osnovnyh napravlenij razrabotki i vnedreniya sistemy ocenki rezul'tativnosti i ehffektivnosti kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti: rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 17 maya 2016 g. № 934-r // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. - 2016. - № 21. - St. 3 075.
8. Rukovodstvo po podgotovke programmy profilaktiki narushenij obyazatel'nyh trebovanij v oblasti grazhdanskoj oborony, zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodno i tekhnogennogo haraktera, pozharnoj bezopasnosti i bezopasnosti lyudej na vodnyh ob"ektah glavno upravleniya MCHS Rossii po sub"ektu Rossijskoj Federacii. Pis'mo Zamestitelya Ministra MCHS Rossii S.A. Kadadova ot 10 yanvarya 2018 goda № 43-104-19.

ABOUT THE POSSIBLE APPROACH TO THE EFFECTIVENESS'S EVALUATING AND THE RELEVANCE OF PREVENTIVE MEASURES IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

The actual issue of improving of the preventive measures in the field of fire safety is discussed in suggested article. It is necessary to have objective information about the current state of preventive work to make organizational and management decisions. A number of articles are devoted to this issue not fully discussed the aspects of preventive work in the field of fire safety. The authors propose an approach to assessing the effectiveness and relevance of preventive measures in the field of fire safety, based on the activities' division on various grounds, such as: the focus of preventive measures; its content; circle of persons of influence; characterizing the indicators of the event, who implemented the preventive measure; local features of the implementation of the event; period of effective impact; duration of the event; unit of measurement of the result of the event; conditional (comparative) effectiveness of the event. The authors propose definitions of the concepts of "effectiveness of preventive measures" and "the demand for the preventive measures." The proposed approach to the effectiveness's evaluation and the relevance of preventive measures in the field of fire safety will give the opportunity to develop a more objective assessment of activities aimed at fire prevention, take into account the impact and cost of preventive measures in the planning of this activity and also take into account the available resources and territorial features.

Key words: *Prevention of fires, activities, efficiency, demand, an indicator of the effectiveness of preventive measures.*

Андреев Юрий Александрович,

*доктор технических наук, старший научный сотрудник,
профессор кафедры надзорной деятельности
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
Телефон: 8-913-532-35-87,
e-mail: knd@sibpsa.ru,*

Andreev Y.A.,

*Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Professor of the Supervisory Activity Department,
FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Елфимова Марина Владимировна,

*кандидат технических наук, доцент,
заместитель начальника по учебной работе,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Россия, г. Железногорск,
Телефон: 8-913-838-65-38,
e-mail: elfimar@mail.ru*

Elfimova M.V.,

*candidate of technical sciences, associate professor,
Deputy Head of Academic Affairs,
FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Мельник Антон Анатольевич,

*кандидат технических наук, доцент,
заместитель начальника по научной работе - начальник научно-технического центра,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
Телефон: 8-933-999-33-01,
e-mail: ntc@sibpsa.ru,*

Mel'nik A.A.,

*candidate of technical sciences, associate professor,
deputy head of scientific work - head of the scientific and technical center,
FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,*

Russia, Zheleznogorsk.

Ширинкин Павел Владимирович,

*кандидат технических наук,
начальник кафедры надзорной деятельности,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
Телефон: 8-983-613-80-97,
e-mail: kno@sibpsa.ru,*

Shirinkin P. V.,

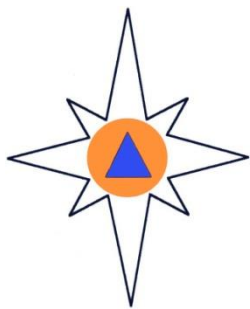
*Candidate of Technical Sciences
Head of Supervisory Activity Department FSBEE HE Siberian Fire and
Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Батуро Алексей Николаевич,

*кандидат технических наук,
начальник факультета заочного обучения,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
Телефон: 8-983-293-53-63,
e-mail: ntc@sibpsa.ru,*

Baturo A. N.,

*Candidate of Technical Sciences,
Head of the Faculty of Distance Learning,
FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*



МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 658.382.3

ОСОБЕННОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ

О.Г. Зейнетдинова, И.Ю. Шарбанова, Р.М. Шипилов, П.В. Данилов

В статье проведен анализ основных прогностических факторов, определяющих пожарную опасность лесов Центрального региона России. Оценена степень влияния на динамику лесных пожаров, частоту их возникновения, площадь очагов возгорания.

Ключевые слова: лесной пожар, прогнозирование, условия произрастания, мониторинг природных пожаров.

На территории России чрезвычайные ситуации с лесными пожарами являются часто повторяющимся явлением. Оперативное обнаружение пожаров и оперативное реагирование на чрезвычайную ситуацию природного характера, особенно на неохранных территориях, напрямую зависит от системы наблюдения за состоянием природных объектов. К сожалению, наблюдается несовершенство технологий прогнозирования и мониторинга природных пожаров.

Для решения задач мониторинга и прогнозирования лесопожарной ситуации в мировой практике наиболее информативной и показательной является так называемая американская методика определения пожарной опасности лесных территорий (National Fire Danger Rating System – NFDRS). В ее основе лежат четыре показателя: индекс возникновения пожара по вине человека (Man-caused fire occurrence index – MCOI), индекс возникновения пожара в результате грозовой активности (Lightning-caused fire occurrence index – LOI), индекс горения (Burning index – BI) и индекс пожарной нагрузки (Fire load index – FLI). В Канаде и в некоторых странах Западной Европы (Италия, Франция, Испания, Португалия) в основе предупреждения лесопожарной ситуации лежит канадская методика с использованием информационной системы по лесным пожарам (Canadian Wildland Fire Information System – CWFIS) и системы моделирования, мониторинга и картирования пожаров (Fire M3).

В России с 1999 года степень пожарной опасности лесного фонда, а, соответственно, и спектр

противопожарных мероприятий определяется на основании ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования» [1].

В рамках выполнения научного исследования мы провели анализ горимости лесов Центрального региона России. Нами использовались статистические данные по мониторингу лесных пожаров за период 1999-2017 гг., предоставленные ФГБОУ «Авиолесоохрана» и комитетами Ивановской и Владимирской области по лесному хозяйству. Из статистического анализа мы исключили 2010 г., как не типичный по погодным условиям для Центрального региона России.

В основе Российской системы прогнозирования лесных пожаров лежит комплексный показатель Нестерова (КП), который, безусловно, продолжает оставаться основой для выявления степени опасности возникновения лесопожарной ситуации.

В результате анализа многолетних данных нами установлено, что для Центрального региона России значение КП, как показатель вероятности возникновения очага лесного пожара, не является абсолютным предиктором.

Очаги лесных пожаров часто возникают при значениях комплексного показателя Нестерова, соответствующего первому классу пожарной опасности ($КП < 300$), что считается маловероятным. Проведенный анализ показал, что наибольшее количество пожаров возникает при 2, 3 классе пожарной опасности ($300 \leq КП \leq 4000$) (рис. 1).

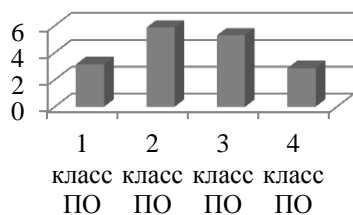


Рис. 1. Среднее количество очагов лесных пожаров, в зависимости от класса пожарной опасности по условиям погоды

Анализ показал, что наиболее значимым показателем пожарной опасности лесного фонда является значение влажности лесной подстилки. Высокая вероятность возникновения лесного пожара отмечается при значениях влажности не ниже третьего класса пожарной опасности, что подчеркивает значимость экологических факторов в формировании очагов лесных пожаров.

В ходе анализа многолетних данных установлена закономерность в формировании двух пиков в развитии природных пожаров в течение пожароопасного сезона. Высокая горимость лесов Центрального региона России отмечается в конце апреля, начале мая и в августе месяце (рис. 2)

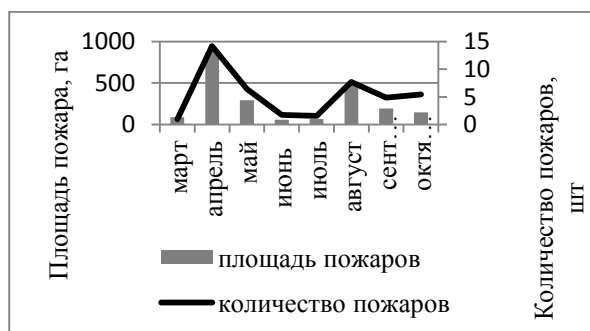


Рис. 2. Средние показатели суммарной площади и количества пожаров в течение пожароопасного сезона

Библиография

- ГОСТ Р 22.1.09-99 Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. - М.: Техническим комитетом по стандартизации ТК 71 «Гражданская оборона, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций», 2001.
- Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий / Г.В. Кузнецов, Н.В. Барановский. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 301 с.

References

- GOST R 22.1.09-99 Monitoring i prognozirovanie lesnyh pozharov. Obshchie trebovaniya. - M.: Tekhnicheskim komitetom po standartizacii TK 71 «Grazhdanskaya oborona, preduprezhdenie i likvidaciya chrezvychajnyh situacij», 2001.
- Kuznecov G.V., Baranovskij N.V. Prognoz vznikeniya lesnyh pozharov i ih ehkologicheskij posledstvij / G.V. Kuznecov, N.V. Baranovskij. - Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2009. – 301 s.

Для более северной, по сравнению с Московской и Владимирской, Ивановской области формирование первого пика пожарной опасности сдвигается на май месяц. Низкие температуры и, соответственно, малый класс пожарной опасности по условиям погоды, не являются определяющим фактором в сдерживании природных пожаров в весенний период. Наряду с общеупотребительными прогностическими признаками, используемыми при анализе лесопожарной ситуации (класс пожарной опасности по условиям погоды, влажность напочвенного покрова и влажность лесной подстилки), необходимо учитывать такой экологический фактор, как фаза онтогенеза растительного материала. Степень развития листвы, сухость растительного материала создают определенные условия для формирования микроклимата и влияют на возможность развития лесного пожара.

Температурный показатель по нашим наблюдениям не является абсолютным прогностическим признаком при формировании очагов лесных пожаров, но является определяющим при развитии крупных очагов лесных пожаров.

Анализируя данные, нами отмечено, что нет четкой корреляции между классом пожарной опасности лесного фонда и количеством очагов пожаров. Наиболее существенными показателями является характер организации лесного массива - наличие разделительных преград, наличие рекреационных зон.

Таким образом, на основании проведенного анализа, можно говорить о формировании определенных тенденций в динамике лесных пожаров на территории Центрального региона России, что необходимо учитывать при оптимизации системы прогнозирования лесопожарной ситуации.

FEATURES OF FORECASTING OF FIRE DANGER OF FORESTS OF THE CENTRAL PART OF RUSSIA

In the article the analysis of major prognostic factors determining the fire hazard of the forests of the Central region of Russia. The degree of influence on the dynamics of forest fires, the frequency of their occurrence, the area of fire centers is estimated.

Keywords: forest fire, forecasting, growing conditions, monitoring of natural fires.

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна,

кандидат биологических наук, доцент,

доцент кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

т. 8-915-843-98-90, e-mail: zeinet@bk.ru

Zeynetdinova O.G.,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Civil Defense and Emergency Management,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Шарабанова Ирина Юрьевна,

кандидат медицинских наук, доцент,

заместитель начальника академии по научной работе,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

тел. 8-962-157-49-99,

e-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova I.U.,

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,

Deputy Head of the Academy for Scientific Work,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Шипилов Роман Михайлович,

кандидат педагогических наук, доцент,

доцент кафедры пожарно-строевой, физической подготовки и газодымозащитной службы,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

т. 8-906-617-02-32, e-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov R.M.,

candidate of pedagogical sciences, associate professor,

the senior lecturer of faculty fire-fighting, physical preparation and газодымозащитной services,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Данилов Павел Владимирович,

старший преподаватель кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

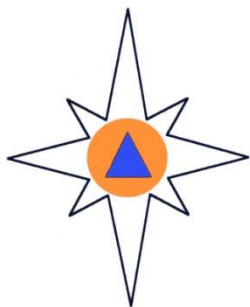
т. 8-910-689-06-71, e-mail: zeinet@bk.ru

Danilov P.V.,

senior lecturer of the Department of Civil Defense and Emergency Management,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 614.84:5192+519.25

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗА СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И.А. Кайбичев, Е.И. Кайбичева, Е.В. Калач

С помощью экспоненциального сглаживания выполнен расчет прогнозного значения среднего времени тушения пожара в сельской местности Российской Федерации на 2018 год. Полученный результат полезен для обоснования распределения материальных ресурсов, разработки программ развития пожарной охраны в Российской Федерации.

Ключевые слова: математическое прогнозирование, среднее время тушения пожаров, сельская местность Российской Федерации, метод экспоненциального сглаживания.

Совершенствование управления подразделениями ФПС МЧС России приобрело особую актуальность после принятия федерального закона РФ «О стратегическом планировании» [1]. Стратегическое планирование должно опираться на анализ оперативного реагирования ФПС МЧС России, в частности, среднего времени тушения пожара в сельской местности Российской Федерации [2 - 14].

Прогнозирование с помощью математики предполагает нахождение математической зависимости, которая позволит вычислить будущее значение [15]. При этом часто выделяют модели предметной области и модели временных рядов. В прогнозировании чаще встречаются модели временных рядов [16 - 18]. В них будущее значение вычисляют на основе анализа прошлых величин. Такие модели делят на статистические и структурные. В статистических моделях проводят анализ известных значений с помощью математической статистики и находят прогнозное значение. Наиболее известны регрессионные модели (линейные и нелинейные) [19], авторегрессионные модели [20], модель экспоненциального сглаживания [20,21], модель по выборке максимального подобия [22]. В структурных моделях в результате анализа известных данных формируют структуру и находят правила перехода по ней. Наиболее известны нейросетевые модели [23], цепи Маркова [24], классификационно-регрессионные деревья [25].

Математическое прогнозирование в пожарной статистике применяется в основном для прогноза количества пожаров.

Например, в Пензенской области для большинства муниципальных образований число городских пожаров моделировали полиномами 2 или 3 степени [26]. Показана также перспективность использования для прогнозирования в некоторых муниципальных образованиях автокорреляционной модели первого порядка.

Для прогнозирования обстановки с пожарами в Ивановской области использовали построение линии тренда [27]. Выбор типа линии тренда производили на основании коэффициента детерминации. Наиболее достоверные результаты соответствуют значению коэффициента детерминации от 0,7 до 1. Этот диапазон значений коэффициента детерминации для количества пожаров в большинстве муниципалитетов Ивановской области давала аппроксимация полиномом 2 или 3 степени [27].

Программа «ПожПрогноз» на основе введенных данных строит аппроксимирующую функцию (линейную или квадратичную) в аналитическом виде и выдает численное значение количества пожаров, пострадавших, погибших, а также коэффициент детерминации [28]. Далее программа рассчитывала сумму квадратов разностей фактических и прогнозных значений. Наименьшее значение этого показателя позволяло выбрать функцию (линейную или квадратичную), которая в дальнейшем используется для получения прогнозного значения на будущий период.

Программный пакет SPSS [29] позволил проверить статистические данные по пожарам на возможность отнесения к известным законам

распределения (нормальному, равномерному, экспоненциальному, распределению Пуассона). Наибольшее значение принимал коэффициент детерминации кубической функции. Поэтому для прогнозирования числа пожаров использована кубическая модель.

Сравнительный анализ математических методов прогнозирования на примере данных Курганской области показал, что наиболее оптимальные результаты получены в методах Холта, скользящего среднего, квазислучайного числа [30].

Официальный расчет прогнозных значений количества пожаров, прямого материального ущерба, числа погибших и травмированных проводился во ВНИИПО с помощью метода экспоненциального сглаживания [31].

Применим этот метод для прогнозирования среднего времени тушения пожара. Основой для прогноза будут данные статистических сборников [2-13] и сведения по оперативному реагированию за 2017 год [14].

Прогнозное значение на следующий период получим с помощью имеющихся данных за два предшествующих периода [15,20]:

$$Y_{i+1} = \alpha X_i + (1 - \alpha) X_{i-1}, \quad (1)$$

где Y_{i+1} - прогнозное значение. X_i - ранее известные данные на i период, α - константа ($0 < \alpha < 1$). Фактические значения среднего времени тушения пожара даны в колонке Факт (Табл. 1). Прогнозные величины рассчитаны по формуле (1) в колонке Прогноз. Ошибку (дана в колонке Ошибка) вычисляли как разность между прогнозным и фактическим значениями. Показателем качества прогноза принято считать величину среднего значения квадрата ошибки [15,20].

Таблица 1

Прогноз в сельской местности на 2018 год

Год	Факт	Прогноз	Ошибка
2001	63,07	63,07	0,00

Библиография

1. О стратегическом планировании в Российской Федерации: федер. закон от 28 июля 2014 г. № 172-ФЗ (в ред. от 3 июля 2016 г.).
2. Пожары и пожарная безопасность в 2005 году: Статистический сборник / под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2006. – 139 с.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2006 году: Статистический сборник / под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2007. – 137 с.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: Статистический сборник / под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2008. – 137 с.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: Статистический сборник / под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2009. – 137 с.

2002	62,13	62,13	0,00
2003	60,02	62,13	2,11
2004	66,43	60,02	-6,41
2005	65,31	66,43	1,12
2006	56,56	65,31	8,75
2007	51,41	56,56	5,15
2008	47,24	51,41	4,17
2009	31,90	47,24	15,34
2010	32,95	31,90	-1,05
2011	28,13	32,95	4,82
2012	25,21	28,13	2,92
2013	22,18	25,21	3,03
2014	21,79	22,18	0,39
2015	19,23	21,79	2,56
2016	17,23	19,23	2,00
2017	16,61	17,23	0,62
2018		16,61	
среднее	40,44	43,11	2,68

Наиболее качественный прогноз соответствует минимуму среднего значения квадрата ошибки. Этот минимум (равен 26,81) реализуется при $\alpha = 0,9999$ (Табл. 1). При этом средняя величина ошибки составила 2,68 (Табл. 1). Коэффициент корреляции между величиной ошибки и номерами годов дал значение 0,11. Это близко к нулю. Поэтому можно считать, что величины ошибки от номера года не зависят. Следовательно, ошибку прогноза можно считать случайной величиной.

В итоге можно ожидать, что среднее время тушения пожара в сельской местности Российской Федерации в 2018 год составит 16,61 мин.

Выполненный расчет показывает, что экспоненциальное сглаживание можно использовать для прогнозирования параметров оперативного реагирования МЧС России.

References

1. O strategicheskome planirovanii v Rossijskoj Federacii: feder. zakon ot 28 iyulya 2014 g. № 172-FZ (v red. ot 3 iyulya 2016 g.).
2. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2005 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2006. – 139 s.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2006 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2007. – 137 s.
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2007 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2008. – 137 s.
5. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2008 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. N.P. Kopylova. – M.: VNIPO, 2009. – 137 s.

6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник / под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2010. – 135 с.
7. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2011. – 140 с.
8. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – 137 с.
9. Пожары и пожарная безопасность в 2012 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2013. – 137 с.
10. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году: Статистический сборник / под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2014. – 137 с.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2015. – 124 с.
12. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: Статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2016. – 124 с.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2016 году: Статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2017. – 124 с.
14. Данные по пожарам в субъектах Российской Федерации за 12 мес. 2017 г. [Электронный ресурс] / Статистика пожаров РФ 2017. Электронная энциклопедия пожарной безопасности. – Режим доступа: wiki-fire.org.
15. Грешилов А.А., Математические методы построения прогнозов [Текст] / А.А. Грешилов, В.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.
16. Кильдишев Г.С., Анализ временных рядов и прогнозирование [Текст] / Г.С. Кильдишев, А.А. Френкель. – М.: Статистика, 1973. – 105 с.
17. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М. Мир, 1974. – Кн. 1. – 406 с. – Кн 2. – 197 с.
18. Бриллинджер Д., Временные ряды [Текст] / Д. Бриллинджер. – М.: Мир. 1980. – 536 с.
19. Дрейпер Н., Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Дialeктика, 2007. – 912 с.
20. Андерсон Т., Статистический анализ временных рядов [Текст] / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – с.
21. Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования [Текст] / Ю.П. Лукашин. – М.: Статистика, 1979.
22. Чучуева И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подобию [Текст]: автореферат диссертации... канд. тех. наук / И.А. Чучуева. – М.: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2012. – 16 с.
23. Крючин О.В. Прогнозирование временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей и регрессионных моделей на примере прогнозирования котировок валютных пар [Электронный ресурс] / Ю.В. Крбючин, А.С. Козадаев, В.П. Дудаков. – Электронный научный журнал «Исследовано в России», 2010, с. 354 – 362. – Режим доступа:
6. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2009 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. N.P. Kopylova. – М.: VNIPO, 2010. – 135 s.
7. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2010 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. V.I. Klimkina. – М.: VNIPO, 2011. – 140 s.
8. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2011 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. V.I. Klimkina. – М.: VNIPO, 2012. – 137 s.
9. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2012 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. V.I. Klimkina. – М.: VNIPO, 2013. – 137 s.
10. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2013 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. V.I. Klimkina. – М.: VNIPO, 2014. – 137 s.
11. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. A.V. Matyushina. – М.: VNIPO, 2015. – 124 s.
12. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. A.V. Matyushina. – М.: VNIPO, 2016. – 124 s.
13. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2016 godu: Statisticheskij sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. – М.: VNIPO, 2017. – 124 s.
14. Dannye po pozharom v sub"ektah Rossijskoj Federacii za 12 mes. 2017 g. [EHlektronnyj resurs] / Statistika pozharov RF 2017. EHlektronnaya ehnciklopediya pozharnoj bezopasnosti. – Rezhim dostupa: wiki-fire.org.
15. Greshilov A.A., Matematicheskie metody postroeniya prognozov [Tekst] / A.A. Greshilov, V.A. Stakun. – М.: Radio i svyaz', 1997. – 112 s.
16. Kil'dishev G.S., Analiz vremennyh ryadov i prognozirovanie [Tekst] / G.S. Kil'dishev, A.A. Frenkel'. – М.: Statistika, 1973. – 105 s.
17. Boks Dzh. Analiz vremennyh ryadov. Prognoz i upravlenie [Tekst] / Dzh. Boks, G. Dzhenskins. – М. Mir, 1974. – Kn. 1. – 406 s. – Kn 2. – 197 s.
18. Brillinzher D., Vremennye ryady [Tekst] / D. Brillinzher. – М.: Mir. 1980. – 536 s.
19. Drejper N., Prikladnoj regressionnyj analiz. Mnozhestvennaya regressiya [Tekst] / N. Drejper, G. Smit. – М.: Dialektika, 2007. – 912 s.
20. Anderson T., Statisticheskij analiz vremennyh ryadov [Tekst] / T. Anderson. – М.: Mir, 1976. – s.
21. Lukashin YU.P., Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya [Tekst] / YU.P. Lukashin. – М.: Statistika, 1979.
22. Chuchueva I.A. Model' prognozirovaniya vremennyh ryadov po vyborke maksimal'nogo podobiya [Tekst]: avtoreferat dissertacii... kand. tekh. nauk / I.A. Chuchueva. – М.: Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. N.EH. Baumana, 2012. – 16 s.
23. Kryuchin O.V. Prognozirovanie vremennyh ryadov s pomoshch'yu iskusstvennyh nejronnyh setej i regressionnyh modelej na primere prognozirovaniya kotirovok valyutnyh par [EHlektronnyj resurs] / YU.V. Krbyuchin, A.S. Kozadaev, V.P. Dudakov. – EHlektronnyj nauchnyj zhurnal «Issledovano v Rossi», 2010, s. 354 – 362. – Rezhim dostupa:

<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/030.pdf>

24. Кемени Дж., Конечные цепи Маркова. [Текст] / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М.: Наука, 1970. – 272 с.

25. Паклин Н.Б., Бизнес-аналитика: от данных к знаниям [Текст]: учеб. пособие / Н.Б. Паклин, В.И. Орешков. – СПб: Питер, 2013. – 706 с.

26. Асанина Д.А. Прогнозирование количество городских пожаров в регионе [Электронный ресурс] / Д.А. Асанина, В.Ф. Шишов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 3256–3260. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.

27. Салихова А.Х. Опыт прогнозирования обстановки с пожарами на территории субъекта Российской Федерации на примере Ивановской области [Текст] / А.Х. Салихова, Д.Б. Самойлов, Е.А. Шварев, В.Н. Михалин, А.А. Лазарев, О.С. Заварихина // Техносферная безопасность. – 2018, № 1 (18). – С. 9 – 16.

28. Самойлов Д.Б. Разработка программы прогнозирования пожаров на объектах защиты на основе статистических данных [Текст] / Д.Б. Самойлов, А.Х. Салихова, Е.А. Шварев, В.Н. Михалин, А.А. Лазарев, Ю.В. Петров // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 18 апреля 2017, г. Иваново. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 3 – 5.

29. Есина М.Г. Моделирование пожарной статистики в SPSS [Текст] / М.Г. Есина, О.В. Хонгорова // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 130 – 133.

30. Кайбичев И.А., Сравнительный анализ методов прогнозирования пожаров на примере Курганской области [Текст] / И.А. Кайбичев, С.В. Ергин // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 10, № 2. – С. 40 – 46.

31. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2017 год, предложения по снижению числа пожаров в Российской Федерации [Текст]: информационно-аналитический материал / А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, Е.С. Преображенская. – Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2017. – 49 с.

<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/030.pdf>

24. Kemeni Dzh., Konechnye cepi Markova. [Tekst] / Dzh. Kemeni, Dzh. Snell. – M.: Nauka, 1970. – 272 s.

25. Paklin N.B., Biznes-analitika: ot dannyh k znaniyam [Tekst]: ucheb. posobie / N.B. Paklin, V.I. Oreshkov. – SPb: Piter, 2013. – 706 s.

26. Asanina D.A. Prognozirovanie kolichestvo gorodskih pozharov v regione [EHlektronnyj resurs] / D.A. Asanina, V.F. SHishov // Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Koncept». – 2014. – T. 20. – S. 3256–3260. – Rezhim dostupa: <http://e-koncept.ru/2014/54915.htm>.

27. Salihova A.H. Opyt prognozirovaniya obstanovki s pozharami na territorii sub"ekta Rossijskoj Federacii na primere Ivanovskoj oblasti [Tekst] / A.H. Salihova, D.B. Samojlov, E.A. SHvarev, V.N. Mihalin, A.A. Lazarev, O.S. Zavarihina // Tekhnosfernaya bezopasnost'. – 2018, № 1 (18). – S. 9 – 16.

28. Samojlov D.B. Razrabotka programmy prognozirovaniya pozharov na ob"ektah zashchity na osnove statisticheskikh dannyh [Tekst] / D.B. Samojlov, A.H. Salihova, E.A. SHvarev, V.N. Mihalkin, A.A. Lazarev, YU.V. Petrov // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharnoj bezopasnosti ob"ektov: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 18 aprelya 2017, g. Ivanovo. – Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharно-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2017. – S. 3 – 5.

29. Esina M.G. Modelirovanie pozharnoj statistiki v SPSS [Tekst] / M.G. Esina, O.V. Hongorova // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. – 2017. – T. 1, № 1. – S. 130 – 133.

30. Kajbichev I.A., Sravnitel'nyj analiz metodov prognozirovaniya pozharov na primere Kurganskoj oblasti [Tekst] / I.A. Kajbichev, S.V. Ergin // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2009. – T. 10, № 2. – S. 40 – 46.

31. Prognoz obstanovki s pozharami v Rossijskoj Federacii na 2017 god, predlozheniya po snizheniyu chisla pozharov v Rossijskoj Federacii [Tekst]: informacionno-analiticheskij material / A.G. Firsov, V.I. Sibirko, E.S. Preobrazhenskaya. – Balashiha: VNIPO MCHS Rossii, 2017. – 49 s.

APPLICATION OF THE METHOD OF EXPONENTIAL SMOOTHING FOR THE PREDICTION OF THE AVERAGE TIME OF FIRE SUPPRESSION IN RURAL AREAS OF THE RUSSIAN FEDERATION

With the help of exponential smoothing, the calculation of the forecast value of the average time of fire extinguishing in the rural areas of the Russian Federation for 2018 was performed. The obtained result is useful for substantiating the distribution of material resources, the development of fire protection programs in the Russian Federation.

Keywords: *mathematical forecasting, average time of fire extinguishing, rural area of the Russian Federation, exponential smoothing method.*

Кайбичев Игорь Аннолинарьевич,

*доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры математики и информатики,
ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России,
Россия, г. Екатеринбург,
e-mail: Kaibichev@mail.ru,*

Kaibichev I.A.,

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Mathematics and Informatics,
Ural Institute of the State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Yekaterinburg,*

Кайбичева Екатерина Игоревна,

*кандидат экономических наук,
Уральский государственный экономический университет,
Россия, г. Екатеринбург,*

Kaibicheva E.I.,

*candidate of economic sciences,
Ural State University of Economics,
Russia, Yekaterinburg.*

Калач Елена Владимировна,

*Кандидат технических наук, доцент
Воронежский институт – филиал Ивановской пожарной-спасательной академии ГПС МЧС России
Россия, г. Воронеж,*

Kalach E.V.,

*Candidate of Technical Sciences, associate professor
Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ТРЕХЗВЕННОГО ИНСЕКТОПТЕРА

Р.Ю. Поляков, С.А. Бокадаров

В статье рассмотрена математическая модель движения инсектоптера на основе модели трехзвенной электромеханической системы с оппозитным колебательным движением внешних звеньев, приводящих к формированию вибрационных эффектов, индуцирующих как подъемную силу, так и силу тяги, реализуемую за счет использования эффекта «асимметрии» формы крыла и скорости. Особое внимание уделено математическому описанию свойств электроприводов, кинематики вращения корпуса, алгоритмов формирования управляющих напряжений, гироскопических моментов вращающихся роторов электродвигателей и внешних периодических возмущений.

Ключевые слова: математическое моделирование, пространственное движение, робот.

Создание математического аппарата для моделирования движения сложных объектов предполагает рассмотрение некоторой существенно упрощенной механической системы, отражающей основные свойства рассматриваемого объекта.

В частности, изучение характера движения насекомых позволяет сделать важный вывод о том, что в качестве упрощенной системы, адекватно моделирующей движение инсектоподобного робота, можно рассматривать систему трех твердых тел, связанных между собой шарнирами, оснащенными электроприводами. Подавая управляющие напряжения на электроприводы, можно изменять относительные углы, определяющие положение звеньев друг относительно друга, на заданные значения. В результате движения звеньев возникают силы, вызванные взаимодействием звена с окружающей средой. Для летательных аппаратов этой средой является воздух. Возникающие при этом силы можно назвать аэродинамическими. Очевидно, что на величину и направление этих сил будут влиять форма звеньев и характер их движения, определяемый системой управления.

Таким образом, при выборе в качестве упрощенного образа реального объекта трехзвенного механизма, появляется возможность относительно простыми средствами получить систему дифференциальных уравнений, описывающих основные закономерности пространственного движения реального инсектоптера.

Будем рассматривать инсектоптер в виде управляемой электромеханической системы, состоящей из трех звеньев. Рассматриваемая электромеханическая система имеет 12 степеней свободы (8 механических и 4 электрических). Положение центрального звена описывается шестью обобщенными координатами, две обобщенные координаты имеют внешние звенья (крылья) (итого 8 степеней свободы). Предполагается, что крылья прикреплены к корпусу с помощью цилиндрических шарниров. В этих шарнирах установлены

управляемые электроприводы, позволяющие поворачивать крылья относительно корпуса на заданные углы по двум координатам, поэтому токи, поступающие на обмотки электрических двигателей, приводящих в движение внешние звенья, также являются обобщенными координатами (4 электрические степени свободы).

В статье сделано допущение о том, что на данном этапе исследований стреловидность крыла является постоянной величиной. Кроме того, углы, определяющие поворот крыла и его угол атаки, остаются неизменными.

Для формирования математической модели предварительно получаем систему кинематических уравнений, шесть дифференциальных уравнений, описывающих движение корпуса, и два дифференциальных уравнения, описывающих движение внешних звеньев рассматриваемой системы, на основании расчетной схемы инсектоптера.

Рассматриваемая система движется в пространстве под действием сил, возникающих при взаимодействии звеньев с воздушной средой. Эти силы приложены в точках A_i . Кроме того, на трехзвенник действуют силы веса, приложенные в точках C_i . Для удобства в дальнейшем будем считать, что точки A_i совпадают с C_i , а крыло представляет собой тонкую однородную недеформируемую пластинку площадью $S = 2l \cdot d$. Здесь обозначено: $2l$, d соответственно длина и ширина крыла.

Приближенно сила, возникающая при движении крыла, определяется по формуле

$$F = (1/2)C \square SV^2,$$

где C – безразмерный коэффициент лобового сопротивления, \square – плотность вязкой среды, S – эффективная площадь пластинки (крыла), V – скорость движения центра тяжести крыла в воздухе. Анализ этой формулы показывает, что подъемная сила крыла может изменяться в зависимости от скорости движения крыла и его площади. Если управлять этими параметрами по соответствующему

закону, можно получить заданное движение корпуса в пространстве. Рассмотрим влияние скорости центра масс крыла на формирование подъемной силы.

Рассмотрим влияние изменения площади крыла. Будем считать, что положение крыла при движении вверх изменяется по отношению к положению крыла при движении вниз. То есть пластина крыла поворачивается на угол 90° относительно оси $O_i Y_i$ в момент, когда крыло занимает крайнее положение вверху или внизу. Такой характер движения крыла позволяет изменить площадь крыла и создать асимметрию в законе, определяющем действие подъемной силы F_1 и \bar{F}_3 . Пусть $\omega=200\dots250$ Гц, амплитуда колебаний крыла:

$$A = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приращение площади крыла

$$S_1 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Плотность воздуха

$$\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$$

Пусть относительная координата точки приложения подъемной силы крыла движется по закону

$$x(t) = A \cos \omega t.$$

Тогда скорость движения этой точки определяется по формуле

$$\dot{x}(t) = -A\omega \sin \omega t.$$

Определим силу, возникающую при вертикальном перемещении крыла,

$$F(t) = \alpha \cdot S(t) \cdot \dot{x}^2 \cdot \text{sign}(\dot{x}),$$

где площадь крыла имеет вид

$$S(t) = S_0 + S_1 \sin \omega t.$$

Средняя за период сила определяется по формуле

$$\langle F \rangle = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} F(t) dt.$$

Найдем изменение силы для следующих параметров

$$\omega = 200 \text{ Гц}, S_0 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

На рисунках 1, 2 представлены зависимости площади $S(t)$, скорости $\dot{x}(t)$ и силы $F(t)$ для различных значений S_1/S_0 .

$$\omega = 200 \text{ Гц}, S_0 = 12 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, S_1/S_0 = 0,5$$

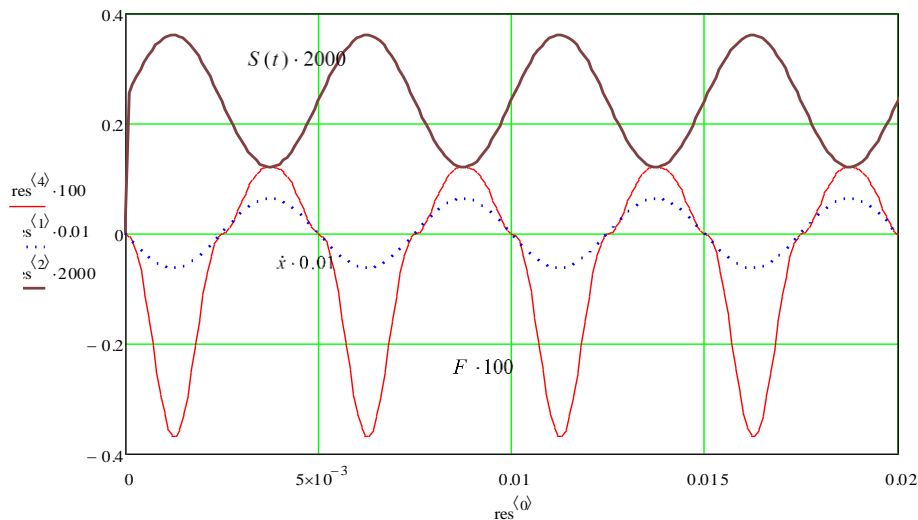


Рис. 1. Зависимость площади $S(t)$, скорости $\dot{x}(t)$ и силы $F(t)$ для $S_1/S_0 = 0,5$

$$\omega = 200 \text{ Гц}, S_0 = 60 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2, S_1/S_0 = 0,1$$

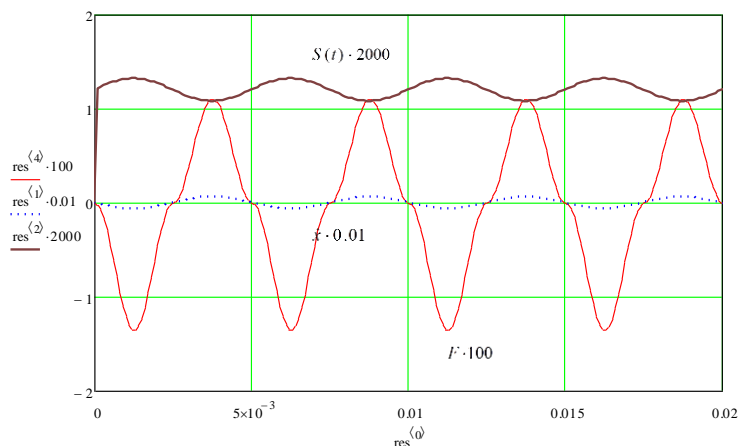


Рис. 2. Зависимость площади $S(t)$, скорости $\dot{x}(t)$ и силы $F(t)$ для $S_1/S_0 = 0,1$

В процессе исследования были получены графические зависимости площади $S(t)$, скорости $\dot{x}(t)$ и силы $F(t)$ для значений S_1/S_0 равные 0,06; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; 0,67; 0,9. Полученные зависимости показывают, что на характер подъемной силы существенно влияет величина S_1/S_0 . С увеличением этого параметра до единицы среднеинтегральная сила достигает максимума. А при приближении S_1/S_0 к нулю – соответственно стремится к нулю.

На рисунке 3 приведена зависимость максимального усилия от соотношения площадей S_1/S_0 .

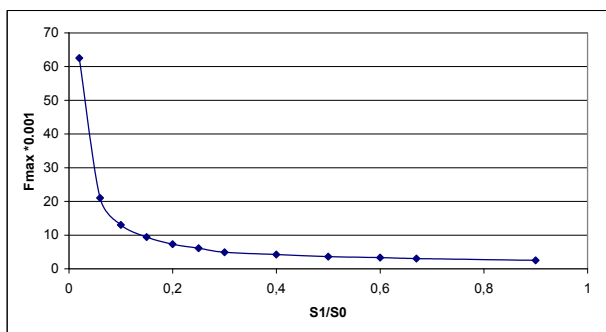


Рис. 3. Зависимость максимального усилия от соотношения площадей S_1/S_0

Рассмотрим силы, действующие на трехзвенник. Пусть на трехзвенник действуют две подъемные силы F_1, F_3 , вызванные взаимодействием крыльев с воздушной средой, приложенные к точкам C_1, C_3 соответственно, и силы тяжести звеньев $m_i g$, а также силы, возникающие в результате движения воздуха относительно корпуса (возмущающее воздействие).

Силы \bar{F}_i имеют проекции, параллельные осям $O_i Z_i$. Это подъемные силы, удерживающие

объект в воздухе. Векторы этих сил в неподвижной системе координат определим по формулам:

$$F_1^{(0)} = T_{12} T_{20} \cdot F_1^{(1)},$$

$$F_3^{(0)} = T_{32} T_{20} \cdot F_3^{(3)},$$

$$F_1^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ F_1 \end{pmatrix}, \quad F_3^{(3)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ F_3 \end{pmatrix}.$$

Остальными силами сопротивления, действующими на элементы системы, пренебрегаем.

Для получения системы дифференциальных уравнений движения воспользуемся общими теоремами динамики. На первом этапе воспользуемся теоремой об изменении количества движения механической системы, которую представим в виде

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} = \sum m_i g + F_1 + F_3.$$

Количество движения рассматриваемой механической системы \bar{Q} определим по формуле

$$\bar{Q} = \sum \bar{q}_i,$$

где

$$\bar{q}_1 = m_1 \bar{v}_{C_1},$$

$$\bar{q}_2 = m_2 \bar{v}_{C_2},$$

$$\bar{q}_3 = m_3 \bar{v}_{C_3},$$

$$\bar{v}_{C_1} = \bar{v}_{C_2} + T_{20} \dot{T}_{12} \cdot \bar{r}_{O_1 C_1}^{(1)} + \dot{T}_{20} T_{12} \bar{r}_{O_1 C_1}^{(1)},$$

$$\bar{v}_{C_3} = \bar{v}_{C_2} + T_{20} \dot{T}_{32} \cdot \bar{r}_{O_3 C_3}^{(3)} + \dot{T}_{20} T_{32} \bar{r}_{O_3 C_3}^{(3)}.$$

В соответствии с теоремой изменение количества движения равно сумме сил, действующих на i -ю массу,

$$\frac{d\bar{q}_i}{dt} = m_i \left(\frac{d\bar{v}_{C_i}}{dt} \right) = T_{20} \bar{F}_i^{(2)} + m_i g. \quad (2)$$

Вектор количества движения рассматриваемой системы с учетом (1), определим по формуле

$$\bar{Q} = \sum m_i \bar{v}_{C_i}. \quad (3)$$

Теорема об изменении количества движения механической системы в дифференциальной форме имеет вид

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} = (m_1 + m_2 + m_3) \frac{d\bar{v}_{C2}}{dt} + m_1 (\dot{T}_{20} \dot{T}_{21} \bar{r}_{C2C1}^{(1)} + T_{20} \ddot{T}_{21} \bar{r}_{C2C1}^{(1)}) + m_3 (\dot{T}_{20} \dot{T}_{32} \bar{r}_{C2C3}^{(3)} + T_{20} \ddot{T}_{32} \bar{r}_{C2C3}^{(3)}) = \sum m_i g + T_{12} T_{20} F_1^{(1)} + T_{32} T_{20} F_3^{(3)}. \quad (4)$$

Уравнение (4) в проекциях на координатные оси неподвижной системы координат примет вид

$$(m_1 + m_2 + m_3) \frac{d\bar{v}_{C2}}{dt} + m_1 (\dot{T}_{20} \dot{T}_{12} \bar{r}_{C2C1}^{(1)} + T_{20} \ddot{T}_{12} \bar{r}_{C2C1}^{(1)}) + m_3 (\dot{T}_{20} \dot{T}_{32} \bar{r}_{C2C3}^{(3)} + T_{20} \ddot{T}_{32} \bar{r}_{C2C3}^{(3)}) = \sum m_i g + T_{12} T_{20} F_1^{(1)} + T_{32} T_{20} F_3^{(3)}. \quad (5)$$

Если предположить, что масса крыла значительно меньше массы корпуса и привести подъемные силы к корпусу, то в проекциях на оси неподвижной системы координат получим

$$\begin{cases} \sum m_i \frac{d\bar{v}_C^x}{dt} = (\sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \cos \varphi \sin \theta) \cdot \sum F_i, \\ \sum m_i \frac{d\bar{v}_C^y}{dt} = (\cos \varphi \sin \psi \sin \theta - \cos \psi \sin) \cdot \sum F_i, \\ \sum m_i \frac{d\bar{v}_C^z}{dt} = \cos \varphi \cos \theta \cdot \sum F_i + \sum m_i g. \end{cases} \quad (6)$$

Представленная система дифференциальных уравнений (6) описывает изменение обобщенных координат, определяющих положение центра масс, в пространстве под действием подъемных сил и сил веса.

Далее рассмотрим вращательное движение системы относительно центра масс. Для описания такого движения воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента. Теорему об изменении кинетического момента рассматриваемой механической системы запишем в виде

$$\frac{d\bar{L}}{dt} = \sum \bar{M}_C^e.$$

Так как вектор L является подвижным, то производная по времени определится следующим образом:

$$\frac{d\bar{L}}{dt} = \frac{d\bar{L}}{dt} + \sum (\bar{\omega}_0 \times \bar{L}) = \sum \bar{M}_C^{(e)}. \quad (7)$$

Кинетический момент элементов механической системы определяется тензором инерции и угловой скоростью.

Ранее были определены векторы угловых скоростей вращения крыльев инсектоптера. Теперь определим векторы угловых скоростей во второй системе координат. Вектор абсолютной угловой скорости $\bar{\Omega}_i^{(2)}$ крыльев ($i = 1, 3$) представим в виде векторной суммы

$$\bar{\Omega}_i^{(2)} = \bar{\omega}_C^{(2)} + \bar{\omega}_\alpha^{(2)} + \bar{\omega}_i^{(2)},$$

где

$$\bar{\omega}_C^{(2)} = \begin{pmatrix} \omega_{X_2} \\ \omega_{Y_2} \\ \omega_{Z_2} \end{pmatrix} - \text{вектор угловой скорости}$$

корпуса, определенный через проекции на оси системы координат $O_2X_2Y_2Z_2$,

$$\bar{\omega}_\alpha^{(i)} = \begin{pmatrix} 0 \\ \omega_{y_i} \\ 0 \end{pmatrix} - \text{вектор угловой скорости}$$

крыльев $i = 1, 3$, определенный через проекции на оси системы координат $O_iX_iY_iZ_i$,

$\omega_{y_i} = \dot{\alpha}$ – проекции векторов угловых скоростей крыльев на оси O_2X_2, O_4X_4 .

$$\bar{\omega}_i^{(i)} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_{z_i} \end{pmatrix} - \text{вектор угловой скорости}$$

крыла в системе координат $O_iX_iY_iZ_i$.

Определим векторы угловых скоростей во второй системе координат.

$\bar{\omega}_i^{(2)} = T_{i2} \cdot \bar{\omega}_i^{(i)}$ – вектор угловой скорости крыльев в проекциях на оси системы координат $C_2X_2Y_2Z_2$.

Здесь обозначено:

$$T_{i2} = T_{i2}^\alpha T_{i2}^{\varphi_{i2}},$$

где

$$T_{i2}^\alpha = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} - \text{матрица перехода}$$

от системы координат $O_iX_iY_iZ_i$ к системе координат $CX_2Y_2Z_2$ при повороте на угол α .

$$T_{i2}^{\varphi_{i2}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \cos \varphi_{i2} & \sin \varphi_{i2} & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \varphi_{i2} & 0 \end{pmatrix} - \text{матрица перехода}$$

от системы координат $O_iX_iY_iZ_i$ к системе координат $CX_2Y_2Z_2$ при повороте на угол φ_{i2} .

Отсюда

$$\bar{\omega}_i^{(2)} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_{z_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_{z_i} \sin \alpha \\ 0 \\ \omega_{z_i} \cos \alpha \end{pmatrix}.$$

Тогда в частном случае при $\dot{\alpha} = 0, \omega_{y_i} = 0$ абсолютная угловая скорость вращения крыльев имеет вид, что соответствует формуле

$$\bar{\Omega}_i^{(2)} = \begin{pmatrix} \omega_{X_2} \\ \omega_{Y_2} \\ \omega_{Z_2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \omega_{Z_2} \sin \alpha \\ 0 \\ \omega_{Z_2} \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_{X_2} + \omega_{z_i} \sin \alpha \\ \omega_{Y_2} \\ \omega_{Z_2} + \omega_{z_i} \cos \alpha \end{pmatrix}.$$

Теперь найдем момент количества движения рассматриваемой механической системы

$$\bar{L} = \bar{L}_{C2} + \sum \bar{L}_i,$$

где $\bar{L}_{C2} = I_{C2} \bar{\omega}_C^{(2)}$ – кинетический момент корпуса относительно центра масс инсектоптера;

$\bar{L}_i = I_i \bar{\Omega}_i^{(2)}$ – кинетический момент i -го крыла относительно центра масс инсектоптера.

Тензор инерции корпуса I_{C2} равен

$$I_{C_2} = \begin{vmatrix} J_{C_2}^{X_2} & 0 & 0 \\ 0 & J_{C_2}^{Y_2} & 0 \\ 0 & 0 & J_{C_2}^{Z_2} \end{vmatrix}.$$

где $J_{C_2}^{X_2}, J_{C_2}^{Y_2}, J_{C_2}^{Z_2}$ – осевые моменты инерции корпуса.

Если упрощенно предположить, что корпус является параллелепипедом с размерами l_1, l_2, l_3 по соответствующим осям, то осевые моменты инерции можно определить по формулам:

$$J_{C_2}^{X_2} = \frac{1}{12} m(l_1^2 + l_3^2), \quad J_{C_2}^{Y_2} = \frac{1}{12} m(l_2^2 + l_3^2), \\ J_{C_2}^{Z_2} = \frac{1}{12} m(l_1^2 + l_2^2).$$

Для вычисления тензора инерции крыльев для системы координат $C_2X_2Y_2Z_2$ построим вспомогательные системы координат $O_iX_iY_iZ_i$ параллельные системе координат $C_2X_2Y_2Z_2$.

Моменты инерции крыльев в системе координат $O_iX_iY_iZ_i$ определим по формулам:

$$J_{O_i}^{X_i} = \frac{1}{3} m(l_1^2 + l_3^2), \quad J_{O_i}^{Y_i} = \frac{1}{12} m(l_1^2 + l_3^2), \\ J_{O_i}^{Z_i} = \frac{1}{12} m(l_1^2 + l_3^2).$$

Направление осей $O_iX_iY_iZ_i$ ($i = 1, 3$) в системе координат $C_2X_2Y_2Z_2$ будет определяться таблицей направляющих косинусов, образующих матрицу:

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{pmatrix} = M_y(\alpha).$$

Вид $M_y(\alpha)$ определяется типом вращения одной системы координат относительно другой. Поскольку в исследуемой механической системе оси вращения крыльев OZ_i могут осуществлять поворот на углы α только относительно OY_i , получим искомую матрицу в виде

$$\text{где } M_y(\beta) = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} - \text{ матрица}$$

поворота осей крыла относительно оси CY_i .

Определим теперь осевые и центробежные моменты инерции несущих винтов относительно системы координат $CX_1Y_1Z_1$:

$$I_{Ai}^x = m(y_{Ci}^2 + z_{Ci}^2) + \alpha_{11}^2 I_{Ai}^{xi} + \alpha_{12}^2 I_{Ai}^{yi} + \alpha_{13}^2 I_{Ai}^{zi}, \\ I_{Ai}^y = m(z_{Ci}^2 + x_{Ci}^2) + \alpha_{21}^2 I_{Ai}^{xi} + \alpha_{22}^2 I_{Ai}^{yi} + \alpha_{23}^2 I_{Ai}^{zi}, \\ I_{Ai}^z = m(x_{Ci}^2 + y_{Ci}^2) + \alpha_{31}^2 I_{Ai}^{xi} + \alpha_{32}^2 I_{Ai}^{yi} + \alpha_{33}^2 I_{Ai}^{zi}, \\ I_{Ai}^{xy} = mx_{Ci}y_{Ci} + \alpha_{11}\alpha_{21}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{xi}) + \alpha_{12}\alpha_{22}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{yi}), \\ I_{Ai}^{yz} = my_{Ci}z_{Ci} + \alpha_{21}\alpha_{31}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{xi}) + \alpha_{22}\alpha_{32}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{yi}), \\ I_{Ai}^{zx} = mz_{Ci}x_{Ci} + \alpha_{11}\alpha_{31}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{xi}) + \alpha_{13}\alpha_{32}(I_{Ai}^{zi} - I_{Ai}^{yi}),$$

$$\text{где } I_{Ai}^{xi} = 0, I_{Ai}^{yi} = \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2),$$

$$I_{Ai}^{zi} = \frac{1}{2} mr^2 - \text{ моменты инерции несущих винтов}$$

относительно осей системы координат $O_iX_iY_iZ_i$,

m – масса i -го крыла,

$x_{Ci} = 0, y_{Ci} = l, z_{Ci} = 0$ – координаты i -го крыла в системе координат $CXYZ$,

$$\alpha_{11} = \cos \beta, \quad \alpha_{12} = 0, \quad \alpha_{13} = \sin \beta, \\ \alpha_{21} = 0, \quad \alpha_{22} = 1, \quad \alpha_{23} = 0, \quad \alpha_{31} = -\sin \beta, \\ \alpha_{32} = 0, \quad \alpha_{33} = \cos \beta.$$

Отсюда получим:

$$I_{Ai}^x = ml^2 + \sin^2 \alpha \cdot I_{Ai}^{zi},$$

$$I_{Ai}^y = I_{Ai}^{yi},$$

$$I_{Ai}^z = ml^2 + \cos^2 \alpha \cdot I_{Ai}^{zi},$$

$$I_{Ai}^{xy} = 0,$$

$$I_{Ai}^{yz} = 0,$$

$$I_{Ai}^{zx} = \cos \alpha (-\sin \alpha) I_{Ai}^{zi}.$$

Таким образом, тензор инерции i -го крыла I_i примет вид

$$I_i = \begin{vmatrix} ml^2 + \sin^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2 & 0 & -\cos \beta (-\sin \beta) \frac{1}{2} mr^2 \\ 0 & \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2) & 0 \\ -\cos \beta (-\sin \beta) \frac{1}{2} mr^2 & 0 & ml^2 + \cos^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2 \end{vmatrix}.$$

Кинетический момент корпуса относительно центра масс

$$\bar{L}_C = I_C \bar{\omega}_C = \begin{vmatrix} J_{C_2}^{X_2} & 0 & 0 \\ 0 & J_{C_2}^{Y_2} & 0 \\ 0 & 0 & J_{C_2}^{Z_2} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{X_2} \\ \omega_{Y_2} \\ \omega_{Z_2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} J_{C_2}^{X_2} \cdot \omega_{X_2} \\ J_{C_2}^{Y_2} \cdot \omega_{Y_2} \\ J_{C_2}^{Z_2} \cdot \omega_{Z_2} \end{vmatrix}.$$

Кинетический момент i -го крыла относительно центра масс

$$\bar{L}_i = I_i \bar{\omega}_i = \begin{vmatrix} ml^2 + \sin^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2 & 0 & -\cos \beta (-\sin \beta) \frac{1}{2} mr^2 \\ 0 & \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2) & 0 \\ -\cos \beta (-\sin \beta) \frac{1}{2} mr^2 & 0 & ml^2 + \cos^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \omega_{X_i} + \omega_{zi} \sin \alpha \\ \omega_{Y_i} \\ \omega_{Z_i} \cos \alpha \end{vmatrix},$$

$$\bar{L}_i = \begin{vmatrix} (ml^2 + \sin^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cdot (\omega_{X_i} + \omega_{zi} \sin \beta) - \frac{1}{2} mr^2 \cos^2 \beta (-\sin \beta) \cdot \omega_{Z_i} \\ \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2) \cdot \omega_{Y_i} \\ -\frac{1}{2} mr^2 \cos \beta (-\sin \beta) (\omega_{X_i} + \omega_{zi} \sin \beta) + (ml^2 + \cos^2 \beta \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cos \beta \cdot \omega_{Z_i} \end{vmatrix}.$$

Теперь определим кинетический момент трехзвенника в целом

$$\bar{L} = \begin{vmatrix} J_{C_2}^{X_2} \omega_{X_2} \\ J_{C_2}^{Y_2} \omega_{Y_2} \\ J_{C_2}^{Z_2} \omega_{Z_2} \end{vmatrix} + \sum \begin{vmatrix} (ml^2 + \sin^2 \alpha \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cdot (\omega_{X_i} + \omega_{zi} \sin \alpha) - \frac{1}{2} mr^2 \cos^2 \alpha (-\sin \alpha) \cdot \omega_{Z_i} \\ \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2) \cdot \omega_{Y_i} \\ -\frac{1}{2} mr^2 \cos \alpha (-\sin \alpha) (\omega_{X_i} + \omega_{zi} \sin \alpha) + (ml^2 + \cos^2 \alpha \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cos \alpha \cdot \omega_{Z_i} \end{vmatrix} = \\ = \begin{vmatrix} J_{C_2}^X \omega_{X_2} + (ml^2 + \sin^2 \alpha \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cdot (2\omega_{X_1} + (\omega_{Z_2} + \omega_{Z_4}) \sin \alpha) - \frac{1}{2} mr^2 \cos^2 \alpha (-\sin \alpha) (\omega_{Z_2} + \omega_{Z_4}) \\ J_{C_2}^{Y_2} + \frac{1}{12} m(3r^2 + h^2) \cdot (\omega_{Y_2} + \omega_{Y_4}) \\ J_{C_2}^{Z_2} - \frac{1}{2} mr^2 \cos \alpha (-\sin \alpha) (2\omega_{X_1} + (\omega_{Z_2} + \omega_{Z_4}) \sin \beta) + (ml^2 + \cos^2 \alpha \cdot \frac{1}{2} mr^2) \cos \alpha \cdot (\omega_{Z_2} + \omega_{Z_4}) \end{vmatrix}$$

Теорема об изменении кинетического момента механической системы при движении относительно подвижной точки C_2

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \sum \vec{M}_c^e.$$

Далее рассмотрим упрощенный случай, соответствующий допущению о малости массы крыльев по сравнению с массой корпуса, и что угол поворота α является постоянной величиной. Тогда определим производную по времени от кинетического момента:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \begin{vmatrix} J^x \dot{\omega}_x \\ J^y \dot{\omega}_y \\ J^z \dot{\omega}_z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \omega_x & \omega_y & \omega_z \\ J^x \omega_x & J^y \omega_y & J^z \omega_z \end{vmatrix}, \quad (8)$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \begin{vmatrix} J^x \dot{\omega}_x \\ J^y \dot{\omega}_y \\ J^z \dot{\omega}_z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} J^z \omega_y \omega_z - J^y \omega_y \omega_z \\ J^x \omega_x \omega_z - J^z \omega_x \omega_z \\ J^y \omega_x \omega_y - J^x \omega_x \omega_y \end{vmatrix}, \quad (9)$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \begin{vmatrix} J^x \dot{\omega}_x \\ J^y \dot{\omega}_y \\ J^z \dot{\omega}_z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \omega_y \omega_z (J^z - J^y) \\ \omega_x \omega_z (J^x - J^z) \\ \omega_x \omega_y (J^y - J^x) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} M_{x2} \\ M_{y2} \\ M_{z2} \end{vmatrix}.$$

Подставляя (9) в (7) найдем соответствующие уравнения, отражающие теорему

об изменении кинетического момента в проекциях на связанную систему координат:

$$\begin{cases} J^x \dot{\omega}_x + \omega_y \omega_z (J^z - J^y) = M_{x2}, \\ J^y \dot{\omega}_y + \omega_x \omega_z (J^x - J^z) = M_{y2}, \\ J^z \dot{\omega}_z + \omega_x \omega_y (J^y - J^x) = M_{z2}. \end{cases} \quad (10)$$

Формулы (6) и (10) позволяют построить систему дифференциальных уравнений, описывающих движение инсектоптера.

Разработанная математическая модель позволяет описывать пространственное движение

инсектоптера на основе пространственной кинематики трехзвенника, движения внешних звеньев при взаимодействии с окружающей средой с учетом двухкоординатных шарниров, определяющих ориентацию внешних звеньев относительно корпуса.

Библиография

References

1. Красковский Е.Я. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов / под ред. Ю.А. Дружинина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991.
2. Поляков Р.Ю. Изучение движения взлета летающего робота с машущим крылом / Р.Ю. Поляков, С.В. Ефимов, Р.И. Праслов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2014. – № 3 – С.90–97.
3. Поляков Р.Ю. Исследование управляемого синхронного движения летающего многозвенного робота / Р.Ю. Поляков, С.В. Ефимов, Н.В. Мозговой

1. Kraskovskij E.YA. Raschet i konstruirovaniye mekhanizmov priborov i vychislitel'nyh sistem: ucheb. posobie dlya priboroostroit. spec. vuzov / pod red. YU.A. Druzhinina. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Vyssh. shk., 1991.
2. Polyakov R.YU. Izuchenie dvizheniya vzleta letayushchego robota s mashushchim krylom / R.YU. Polyakov, S.V. Efimov, R.I. Praslov // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2014. – № 3 – S.90–97.
3. Polyakov R.YU. Issledovaniye upravlyаемого sinhronnogo dvizheniya letayushchego mnogozvennogo robota / R.YU. Polyakov, S.V. Efimov, N.V. Mozgovoy // EHlektrotekhnicheskie

// Электротехнические комплексы и системы управления, Воронежский инновационно-технологический центр. Воронеж: Кварта, 2014. – № 3 – С 28–33.

4. Яцун С.Ф. Исследование движения многозвенного робота, перемещающегося прыжками и планированием / С.Ф. Яцун, Л.Ю. Волкова, А.В. Ворочаев // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2014. – № 4. С. 12–17.

kompleksy i sistemy upravleniya, Voronezhskij innovacionno-tekhnologicheskij centr. Voronezh: Kvarata, 2014. – № 3 – S 28–33.

4. YAcun S.F. Issledovanie dvizheniya mnogozvennogo robota, peremeshchayushchegosya pryzhkami i planirovaniem / S.F. YAcun, L.YU. Volkova, A.V. Vorochaev // Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal s prilozheniem. – 2014. – № 4. S. 12–17.

MATHEMATICAL MODELING OF SPATIAL MOVEMENT OF THREE-TIER INSERTAFTER

This article discusses the mathematical model of the movement of insectopia based on the three-tier model of Electromechanical system with two oscillatory motion of the outer links, leading to the formation of vibrational effects, as by inducing a lifting force and pulling force realized by the use the effect of "asymmetry" wing shape and speed. Particular attention is paid to the mathematical description of the properties of electric drives, the kinematics of the rotation of the body, algorithms for the formation of control voltages, gyroscopic moments of rotating rotors of electric motors and external periodic perturbations.

Key words: *mathematical modeling, spatial motion, robot.*

Поляков Роман Юрьевич,

преподаватель кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии,

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»,

e-mail: polyakov_gps@mail.ru,

Россия, г. Елец,

Polyakov R.Y.,

lecturer of the Department of technological processes in engineering and Agroengineering, Bunin Yelets State University,

Russia, Yelets.

Бокадаров Станислав Александрович,

кандидат технических наук,

научный сотрудник организационно-научного и редакционного отдела,

ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России,

e-mail: bokadarov.stas@inbox.ru,

Россия, г. Воронеж,

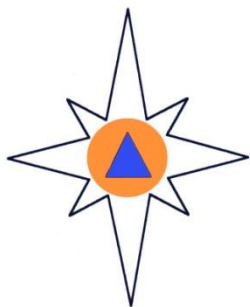
Bokadarov S.A.,

candidate of engineering science,

researcher of organizational, scientific and editorial Department,

Voronezh institute of the Russian Federal penitentiary service,

Russia, Voronezh.



АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

УДК 519.25

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М.Г. Есина, О.В. Хонгорова, И.Ю. Шарбанова, С.В. Базанов

В данной статье авторами проводится статистический анализ временного ряда, характеризующего количество дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации за период: 01.16 – 05.18. Так как количество дорожно-транспортных происшествий можно представить в виде последовательности измерений, упорядоченных в неслучайные моменты времени, то представляется возможность их рассмотрения как временного ряда. Методы математической статистики позволяют строить наиболее достоверные прогнозы количества дорожно-транспортных происшествий с определенной вероятностью. При этом прогноз должен быть дополнен методикой его применения, то есть набором методик реагирования по результатам прогноза. В исследовательской деятельности авторы руководствуются известными моделями и методами современной теории прогнозирования, адаптированными к прогнозированию в сфере пожарной безопасности. Объектом изучения в данной статье является количество дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации за период с января 2016 г. по апрель 2018 г., горизонт прогнозирования – 06.18– 05.19 гг.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, статистика дорожно-транспортных происшествий, временной ряд, индекс сезонности, доверительный интервал, прогнозирование, математическая модель.

В данной статье авторы ставят своей целью показать, каким образом статистический метод применяется при прогнозировании показателей количества дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации. Отметим, что в исследовательской деятельности авторы руководствуются известными моделями и методами современной теории прогнозирования.

В работе предлагается прогнозирование с

построением доверительного интервала для прогноза с уровнем значимости 0,05.

Проведем статистический анализ, предназначенный для осуществления прогноза на основании статистических данных по дорожно-транспортным происшествиям в Российской Федерации за период с января 2016 г. по май 2018 г. (табл.1).

Таблица 1

Статистика дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации с января 2016 г. по апрель 2018 г.

Период	январь.16	февраль.16	март.16	апрель.16	май.16	июнь.16
Кол-во ДТП	12002	10458	10618	11947	14552	15072
Период	июль.16	август.16	сентябрь.16	октябрь.16	ноябрь.16	декабрь.16
Кол-во ДТП	17155	18307	17742	16784	14190	14867
Период	январь.17	февраль.17	март.17	апрель.17	май.17	июнь.17
Кол-во ДТП	11667	10378	10437	11012	13166	14613

Период	июл.17	авг.17	сен.17	окт.17	ноя.17	дек.17
Кол-во ДТП	16271	17376	16790	17403	14930	15389
Период	январь.18	фев.18	мар.18	апр.18	май 18	
Кол-во ДТП	11494	9567	10302	10734	13056	

Математическую модель прогноза количества дорожно-транспортных происшествий строим поэтапно по следующему алгоритму.

На первом этапе для установления закономерности прогнозируемой величины вводим в рассмотрение величину, характеризующую влияние сезонного фактора - коэффициент сезонности, который зависит от периода n , равного 24 месяца. Далее строится математическая модель для прогноза изучаемого временного ряда. Заметим, что увеличение количества данных способствует накоплению ошибки прогноза. Поэтому на заключительном этапе построения модели производится оценка точности прогноза, например, с помощью средней относительной ошибки.

В общем виде модель прогноза с помощью индексов сезонности на любой месяц можно представить в виде математической модели временного ряда:

$$Y(t_i) = I(t_i) \cdot q(t_i) + \varepsilon(t_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1),$$

где $Y(t_i) = I(t_i) \cdot q(t_i)$ - прогнозируемое значение показателя в момент времени t_i ;

$I(t_i)$ - коэффициент сезонности i -го месяца;

$q(t_i)$ - оценка исследуемого показателя,

вычисленная по уравнению тренда;

$\varepsilon(t_i)$ - случайная ошибка модели временного ряда.

Так как случайную величину $\varepsilon(t_i)$ определить точно нельзя, то можно с определенной вероятностью утверждать, что вычисленные по модели (1) прогнозные оценки будут отличаться от истинной на отклонение Δ (табл.2).

Таблица 2

Коэффициенты сезонности и отклонение Δ

Период	Коэффициент сезонности
январь	82,78%
февраль	72,87%
март	73,63%
апрель	80,29%
май	96,94%
июнь	103,82%
июль	116,90%
август	124,79%
сентябрь	120,77%
октябрь	119,56%
ноябрь	101,84%
декабрь	105,81%
Отклонение Δ	
	1439,87

На данный момент существует огромное количество программных пакетов для статистической обработки данных. Они позволяют обрабатывать и анализировать данные, полученные в ходе исследования. В представленной работе используется пакет MS Excel. Для расчета прогноза применяется функция ПРЕДСКАЗ. Адаптируем данную функцию для поставленной задачи, учитывая коэффициент сезонности. Для этого каждое

прогнозное значение, полученное при помощи функции ПРЕДСКАЗ пакета MS Excel, умножаем на индекс сезонности. Таким образом получаем прогноз на будущие периоды с учетом индекса сезонности. Для достоверности данного прогноза вычислим допустимые верхние и нижние границы. Полученный описанным методом прогноз дает возможность более гибко планировать тактику на будущие периоды. В работе проведен расчет допустимого отклонения от

прогнозируемых значений. Доверительный интервал построен с уровнем значимости 0,05, что означает доверительный уровень в 95%. Для большинства научно-исследовательских работ приведенное значение является оптимальным.

Прогнозные значения и доверительный интервал, в рамках которого возможно их изменение в течение рассматриваемого временного периода, количества дорожно-транспортных происшествий в РФ, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Прогнозные значения количества дорожно-транспортных происшествий в РФ

Период	Прогноз	Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
июн.18	13836	12396	15276
июл.18	9644	14108	16988
авг.18	9321	15124	18003
сен.18	10305	14556	17436
окт.18	10043	14364	17244
ноя.18	11962	11994	14873
дек.18	12048	12489	15369
январ.19	13462	9434	12314
февр.19	11925	8112	10992
мар.19	9331	8194	11074
апр.19	9806	9043	11923
май 19	10871	12396	15276



Рис. 1. График прогнозных значений

На графике (Рис.1.) выявляются сезонные колебания, которым подвержено количество дорожно-транспортных происшествий за 12 месяцев 2016 – 2017 гг. На период с июня 2018 г. по май 2019 г. построен прогноз с учетом верхней и нижней границ доверительного интервала.

Произведены расчеты отклонений Δ прогнозных значений по месяцам по сравнению с 2017 г. и 2018 г. соответственно (Рис.2.).

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
2017	11667	10378	10437	11012	13166	14613
2018	11494	9567	10302	10734	13056	13836
2019	10874	9552	9634	10483	12630	
Δ	-5,39%	-0,16%	-6,48%	-2,34%	-3,26%	-5,32%
	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2017	16271	17376	16790	17403	14930	15389
2018	15548	16563	15996	15804	13434	13929
Δ	-4,44%	-4,68%	-4,73%	-9,19%	-10,02%	-9,49%
Погрешность	-5,46%					

Рис. 2. Вычисление погрешности прогнозных значений

Абсолютная величина отклонения варьируется от 0,16% до 10,02%, что, на наш взгляд является хорошим показателем для построенной прогнозной модели.

Точность прогноза оценим с помощью средней относительной ошибки по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|y_{факт,i} - y_{расч,i}|}{y_{факт,i}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

где $y_{факт,i}$ - фактические значения по месяцам;

$y_{расч,i}$ - расчетные значения;

n – количество месяцев.

Расчетное значение $\varepsilon \approx 5,46\%$, что характеризует полученный прогноз высокой точности.

В заключение необходимо отметить, что вопросам прогнозирования числа дорожно-транспортных происшествий уделяется особое внимание, так как от правильности оценки ситуации с дорожно-транспортными происшествиями будет зависеть своевременное принятие необходимых мер управления ведомственными службами безопасности дорожного движения вопросами предупреждения ДТП.

Библиография

1. Есина М.Г., Хонгорова О.В., Тугульчиева В.С. Методы математической статистики в анализе деятельности ГПС МЧС России / М.Г. Есина, О.В. Хонгорова, В.С. Тугульчиева // Успехи современной науки и образования. - 2016. - Т. 8., №12. - С. 130-133.
2. URL: <https://www.gibdd.ru/>

References

1. Esina M.G., Hongorova O.V., Tugul'chieva V.S. Metody matematicheskoy statistiki v analize deyatelnosti GPS MCHS Rossii / M.G. Esina, O.V. Hongorova, V.S. Tugul'chieva // Uspekhi sovremennoj nauki i obrazovaniya. - 2016. - T. 8., №12. - S. 130-133.
2. URL: <https://www.gibdd.ru/>

CONSTRUCTION OF A MODEL FOR PREDICTING THE QUANTITY OF ROAD TRANSPORT ACCIDENTS IN THE RUSSIAN FEDERATION

In this article, the authors perform a statistical analysis of the time series characterizing the number of road accidents in the Russian Federation for the period: 01.16 - 05.18. Since the number of traffic accidents can be represented as a sequence of measurements ordered at non-random times, it seems possible to consider them as a time series. Methods of mathematical statistics allow you to build the most reliable predictions of the number of road accidents with a certain probability. At the same time, the forecast should be supplemented with the methodology of its application, that is, a set of response techniques based on the results of the forecast. In the research activity, the authors are guided by well-known models and methods of modern prediction theory, adapted to forecasting in the field of fire safety. The object of study in this article is the number of road accidents in the Russian Federation for the period from January 2016 to April 2018, the forecasting horizon is 06.18- 05.19.

Keywords: traffic accidents, traffic accident statistics, time series, seasonality index, confidence interval, forecasting, mathematical model.

Есина Марина Геннадьевна,

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры естественнонаучных дисциплин,
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Россия, г. Иваново,
e-mail: esina_mg@mail.ru,

Esina M.G.,

PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Science Disciplines
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.

Хонгорова Ольга Викторовна,

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры естественнонаучных дисциплин,
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Россия, г. Иваново,
e-mail: ov.khongorova08@yandex.ru,

Khongorova O.V.,

PhD,
Associate Professor of the Department of Science Disciplines
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.

Шарабанова Ирина Юрьевна,

кандидат медицинских наук, доцент,
заместитель начальника академии по научной работе,
ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России»,
Россия, г. Иваново,
e-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova I.Yu.,

*PhD, Associate Professor,
Deputy Chief of the Academy for Scientific Work,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Базанов Сергей Владимирович,

*директор государственного казенного учреждения здравоохранения Ивановской области «Территориальный центр медицины катастроф Ивановской области»,
главный внештатный специалист по медицине катастроф Департамента здравоохранения Ивановской области,
Россия, г. Иваново,
т. 8-908-562-97-53, e-mail: tcmkio@rambler.ru*

Bazanov S.V.,

*the director of state establishment of health care of the Ivanovo region "The territorial center of medicine of accidents of the Ivanovo region", the chief non-staff specialist on medicine of accidents of Department of health care of the Ivanovo region,
Russia, Ivanovo.*

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ ОПЕРАТОРА РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

С.А. Шевцов, И.А. Быков, Н.В. Еськова, Д.И. Владимиров, Д.Р. Балтабаев

Расчетными методами проведена оценка потенциального пожарного риска для оператора резервуарного парка от воздействия опасных факторов пожара. В качестве событий, инициирующих пожароопасную ситуацию, рассматривались «большие дыхания» резервуара типа РВС. Возможное образование паровоздушного облака взрывоопасной концентрации вблизи резервуара при его наполнении могло привести к взрыву или пожару-вспышке, а образование взрывоопасной концентрации в свободном объеме резервуара при его опорожнении – к подрыву крыши и горению жидкости по всей поверхности резервуара. Случайными источниками зажигания были выбраны атмосферное электричество, фрикционные и электрические искры. Расчетное значение величины потенциального пожарного риска доказывает высокую пожарную опасность резервуаров типа РВС в процессе осуществления сливноналивных операций, что необходимо учитывать при комплексном анализе пожарной опасности резервуарных парков и расчете величин индивидуального и социального пожарных рисков.

Ключевые слова: взрывопожароопасность; хранение нефтепродуктов; эмиссия паров нефтепродуктов; «большое дыхание»; сливноналивные операции; резервуар с нефтепродуктом; потенциальный пожарный риск.

Многочисленные статистические данные о пожарах в резервуарных парках нефтебаз показывают, что одной из основных причин возгораний является нарушение правил безопасности при осуществлении сливно-наливных операций резервуаров с нефтепродуктом [9].

При длительном хранении нефтепродукта в резервуарах устанавливается термодинамическое равновесие, при котором концентрация паров, как правило, находится на уровне выше верхнего концентрационного предела распространения пламени и характеризуется давлением насыщенных паров [10]. Потери бензина и незначительное изменение концентрации паров нефтепродукта будут связаны лишь с «малыми дыханиями» резервуара из-за суточных колебаний температуры окружающей среды [13, 15]. В этих условиях к пожару может привести, например, локальная разгерметизация резервуара, его полное разрушение или внешнее воздействие от эскалации пожара на соседнем оборудовании [1, 4, 11, 12].

Ситуация кардинальным образом меняется при движении нефтепродукта – осуществлении сливно-наливных операций. «Большое дыхание» резервуара приведет к быстрому образованию горючей среды, а наличие прочих условий зажигания вызовет взрыв или пожар [14].

Заполнение пустого резервуара типа РВС инициирует многократное увеличение эмиссии паров бензина через дыхательную арматуру в окружающее пространство. С учетом интенсивного наполнения резервуара этот процесс можно рассматривать как моментальный выброс паровоздушной смеси. В результате вблизи резервуара при соответствующих погодных условиях может образоваться облако

взрывопожароопасной концентрации, а наличие источника зажигания приведет к неминуемому взрыву или пожару [9, 14].

Опорожнение резервуара с нефтепродуктом сопровождается заполнением его свободного объема воздухом, поступающим извне через дыхательный клапан. Это может привести к снижению концентрации паровоздушной смеси внутри резервуара ниже верхнего концентрационного предела распространения пламени и воспламенению взрывоопасной концентрации от случайного источника зажигания. В результате произойдет подрыв крыши и горение жидкости по всей поверхности резервуара [9].

Очевидно, что реализация пожароопасных сценариев, связанных с «большими дыханиями» резервуара, в наибольшей степени отразится на жизни и здоровье оператора резервуарного парка, контролирующего сливноналивные операции и находящегося в непосредственной близости от потенциального очага пожара или эпицентра взрыва.

В этой связи сформулирована *цель работы*: оценить потенциальный пожарный риск для оператора резервуарного парка от воздействия ОФП, возникающих при реализации пожароопасных ситуаций в результате «больших дыханий» резервуара с нефтепродуктом.

Для решения поставленной задачи принимаем следующие исходные данные:

Объем резервуара $V_{рез} = 3000 \text{ м}^3$;

Высота резервуара $H_{рез} = 12 \text{ м}$;

Радиус резервуара $R_{рез} = 9,5 \text{ м}$;

Количество оборотов емкости в год $n_{об} = 24 \text{ год}^{-1}$.

Место расположения – Воронежская область;

Технологическая среда – бензин АИ-92;

Среднюю рабочую температуру бензина примем $T = 293,5 \text{ К}$ ($t = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$), что соответствует средней температуре в Воронежской области в июле [5].

Вероятность шторма на территории Воронежской области $Q_{шт} = 0,14$ [5].

Число ударов молний $n = 4 \text{ км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ для Воронежской области [14].

Число искроопасных операций при ручном измерении уровня $N_{3у} = 1000 \text{ год}^{-1}$ [14].

Число включения электродвигателей, имеющих на резервуаре $N_{эл} = 40 \text{ год}^{-1}$ [14].

Число искроопасных операций при проведении техобслуживания резервуара, связанного с применением металлического, шлифовального и другого искроопасного инструмента $N_{то} = 24 \text{ год}^{-1}$ [14].

На резервуаре установлена молниезащита типа В, следовательно, вероятность безотказной работы $\beta = 0,95$ [14].

Нижний температурный предел распространения пламени бензина АИ-92 $T_{нпмп} = 237 \text{ К}$ [8].

Верхний температурный предел распространения пламени бензина АИ-92 $T_{впмп} = 273 \text{ К}$ [8].

Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{нкпрп} = 0,76 \%$ (об.) [8].

Верхний концентрационный предел распространения пламени $C_{вкпрп} = 5,16 \%$ (об.) [8].

Константы Антуана для бензина АИ-92 [8]:

$A = 4,12311$; $B = 664,976$; $C_A = 221,695$.

Продолжительность выброса паровоздушной смеси принимаем $\tau_{пв} = 6,4 \text{ ч}$, что соответствует времени заполнения резервуара, что в свою очередь зависит от производительности насоса, которую принимаем $G = 375 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,104 \text{ м}^3/\text{с}$.

Время существования горючей среды в резервуаре при откачке за один оборот резервуара $\tau_{отк} = 8 \text{ ч}$ (исключая длительный простой).

Место оператора, осуществляющего контроль процесса сливноналивных операций – не дальше 14 м от центра резервуара.

Порядок расчета

Вероятность образования облака взрывоопасной концентрации вблизи резервуара при его наполнении [2, 10, 14]

$$Q_{выбр} = \frac{n_{об} \cdot \tau_{пв}}{\tau_{раб}} \quad (1)$$

$\tau_{раб}$ – количество часов в году, $\tau_{раб} = 8760 \text{ ч}$;

$$Q_{выбр} = \frac{24 \cdot 6,4}{8760} = 17,5 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$$

Во время шторма около резервуара образуется облако взрывоопасной концентрации с вероятностью $Q_{вок} = Q_{выбр} \cdot Q_{шт} = 17,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,14 = 2,45 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$

Диаметр взрывоопасной зоны

$$D = 2R + 10 \cdot H \left(\frac{G \cdot C_{РАБ}}{C_{нкпрп} \cdot H^2} \right)^{0,86}, \quad (3)$$

$C_{РАБ}$ – концентрация паровоздушной смеси в резервуаре при термодинамическом равновесии, %

$$C_{РАБ} = \frac{P_H}{P_H + P_0} 100\%, \quad (4)$$

P_H – давление насыщенный паров бензина в резервуаре при рабочей температуре, кПа; P_0 – атмосферное давление, $P_0 = 101,3 \text{ кПа}$.

$$P_H = 10^{\left(A - \frac{B}{T + C_A} \right)} = 10^{\left(4,12311 - \frac{664,976}{20,5 + 221,695} \right)} = 24 \text{ кПа} \quad (5)$$

$$C_{РАБ} = \frac{24}{24 + 101,3} \cdot 100\% = 23 \%$$

$$D = 2 \cdot 9,5 + 10 \cdot 12 \left(\frac{0,104 \cdot 23}{0,76 \cdot 12^2} \right)^{0,86} = 24,09 \text{ м}$$

Число ударов молнии во взрывоопасную зону

$$N_{УМ}^{ВОК} = (D + 6(H + 5))^2 \cdot n \cdot 10^{-6} = (24,09 + 6(12 + 5))^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,064 \text{ год}^{-1} \quad (6)$$

Вероятность попадания молнии во взрывоопасную зону

$$Q_{УМ} = 1 - e^{-N_{УМ}^{ВОК} \tau} = 1 - e^{-0,064 \cdot 1} = 0,06 \text{ год}^{-1} \quad (7)$$

τ – рассматриваемый отрезок времени, год, $\tau = 1 \text{ год}$

Вероятность пробоя молниезащиты

$$Q_{ОМ} = 1 - \beta = 1 - 0,95 = 0,05 \text{ год}^{-1} \quad (8)$$

Вероятность поражения молнией

$$Q_M = Q_{УМ} \cdot Q_{ОМ} = 0,06 \cdot 0,05 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1} \quad (9)$$

Вероятность разряда атмосферного электричества в зоне резервуара

$$Q_{АЭ} = Q_M = 3 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1} \quad (10)$$

Вероятность появления вблизи резервуара искры из-за ошибки оператора

$$Q_{ФИ} = Q_{ОП} \cdot Q_{ПО} \quad (11)$$

$Q_{ОП}$ – вероятность ошибки оператора.

Согласно [2], $Q_{ОП} = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$;

$Q_{ПО}$ – вероятность применения вблизи резервуара металлического и другого искроопасного инструмента.

$$Q_{ПО} = 1 - e^{-(N_{3у} + N_{то}) \tau}, \quad (12)$$

$$Q_{ПО} = 1 - e^{-(1000 + 24) \cdot 1} = 1 \text{ год}^{-1}$$

$$Q_{ФИ} = 1,52 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$$

Вероятность появления электрических искр

$$Q_{ЭИ} = Q_{Э} \cdot Q_{СЭ}, \quad (13)$$

$Q_{Э}$ – вероятность несоответствия электрооборудования резервуара категории и группе горючей среды. При соответствии $Q_{Э} = 10^{-8} \text{ год}^{-1}$ [2];

$Q_{СЭ}$ – вероятность включения электрических приборов на резервуаре

$$Q_{СЭ} = 1 - e^{-N_{эл} \cdot \tau} = 1 - e^{-40 \cdot 1} = 1 \text{ год}^{-1}. \quad (14)$$

$$Q_{ЭИ} = 10^{-8} \cdot 1 = 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

Общая вероятность проявления во взрывоопасной зоне источника зажигания

$$Q_{ИЗ} = Q_{АЭ} + Q_{ФИ} + Q_{ЭИ} = 3 \cdot 10^{-3} + 1,52 \cdot 10^{-3} + 10^{-8} = 4,52 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1} \quad (15)$$

Вероятность возникновения воспламенения вблизи резервуара

$$Q_{ВОСПЛ} = Q_{ВОК} \cdot Q_{ИЗ} = 2,45 \cdot 10^{-3} \cdot 4,52 \cdot 10^{-3} = 11,07 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1} \quad (16)$$

В качестве дополнительных исходных данных примем, что на резервуаре установлено два дыхательных клапана, значения, срабатывания

которых при вакууме и избыточном давлении соответственно равны $P_{К.В.} = 196$ Па и $P_{К.Д.} = 1360$ Па

Масса паров бензина, вытесняемая из резервуара за одно «большое дыхание» [7]

$$m_{П} = \left[V_3 - V_{Г} \left(\frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_H} \right) \right] \frac{P_H \cdot M_B}{T \cdot R} \quad (17)$$

V_3 – объем закаченного в резервуар нефтепродукта, м³, $V_3 = G \cdot \tau_{ПВ} = 375 \cdot 6,4 = 2400$ м³;

$V_{Г}$ – объем газового пространства резервуара перед закачкой нефтепродукта, м³;

P_2 – абсолютное давление в газовом пространстве в конечный момент времени закачки, Па;

P_1 – абсолютное давление в газовом пространстве в начальный момент времени закачки, Па;

M_B – молекулярный вес бензиновых паров, кг/моль, $M_B = 98,2$ кг/моль [8]

T – средняя температура в газовом пространстве резервуара, К, $T = t + 273 = 20,5 + 273 = 293,5$ К;

R – универсальная газовая постоянная, $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

Объем газового пространства резервуара перед закачкой нефтепродукта

$$V_{Г} = V_3 + V_{К} \quad (18)$$

$V_{К}$ – объем газа под сводом конической крыши.

$$V_{К} = \pi R_{рез}^2 \frac{1}{3} h_{К} \quad (19)$$

$h_{К}$ – высота корпуса крыши, м. В соответствии с [14] $h_{К} = 1$ м.

$$V_{К} = 3,14 \cdot 9,5^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 = 94,5 \text{ м}^3$$

$$V_{Г} = 2400 + 94,5 = 2494,5 \text{ м}^3$$

Абсолютное давление в газовом пространстве в конечный момент времени закачки

$$P_2 = P_0 + P_{К.Д.} \quad (20)$$

$$P_2 = 101300 + 1360 = 102660 \text{ Па}$$

Абсолютное давление в газовом пространстве в начальный момент времени закачки

$$P_1 = P_A + P_{К.В.} = 101300 + 196 = 101496 \text{ Па} \quad (21)$$

Таким образом, масса паров бензина в результате «большого дыхания» составит

$$\begin{aligned} m_{П} &= \left[2400 \right. \\ &\left. - 2494,5 \left(\frac{102660 - 101496}{102660 - 24000} \right) \right] \frac{24000 \cdot 0,0982}{293,5 \cdot 8,31} \\ &= 2290 \text{ кг} \end{aligned}$$

При сгорании облака паровоздушной смеси возможны два сценария развития пожара [9, 14].

1. В случае образования паровоздушной смеси в не загроможденном технологическим оборудованием пространстве и ее зажигании сгорание происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. В этом случае реализуется пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания паровоздушной смеси практически совпадает с максимальным размером облака продуктов сгорания, т. е. поражаются в основном объекты, попадающие в это облако [3].

2. При контакте горючей паровоздушной смеси с источником зажигания возможен взрыв,

воздействие которого может привести к гибели людей или разрушению соседнего оборудования, сооружений и зданий.

Примем вероятность взрыва $Q_{взр} = 0,06$ год⁻¹ и вероятность пожара-вспышки $Q_{всп} = 0,94$ год⁻¹ [14].

Зона поражения при реализации пожара-вспышки

$$R_{F=} 1,2 \cdot D/2 = 1,2 \cdot 24,09/2 = 14,5 \text{ м} \quad (22)$$

Масса взрывоопасной паровоздушной концентрации, содержащейся в облаке вблизи резервуара

$$m_{ВОК} = m_{П} Z, \quad (23)$$

Z – коэффициент участия паров бензина во взрыве или горении, $Z = 0,1$ [3].

$$m_{ВОК} = 2290 \cdot 0,1 = 229 \text{ кг}$$

Удельное энерговыделение при горении бензина

$$E_{уд} = \beta E_{уд0} \quad (24)$$

β – для бензина $\beta = 1$ [3];

$E_{уд0}$ – удельная теплота сгорания. $E_{уд0} = 44 \cdot 10^6$ Дж/кг [3].

$$E_{уд} = 1 \cdot 44 \cdot 10^6 = 44 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

Стехиометрический коэффициент для бензина АИ-92 $C_{7,024}H_{13,708}$

$$k = n_c + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} = 7,024 + \frac{13,708}{4} = 10,45 \quad (25)$$

Стехиометрическая концентрация паров бензина

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84k} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 10,45} = 1,94 \% (\text{об.}) \quad (26)$$

Концентрацию горючего в смеси (C_r) принимаем равной нижнему концентрационному пределу распространения пламени $C_r = C_{нкпр} = 0,76$ % (об.).

Плотность воздуха при расчетной температуре и атмосферном давлении:

$$\begin{aligned} \rho_{в} &= \frac{M_{в}}{V_0(1 + 0,00367t_p)} \\ &= \frac{28,98}{22,41 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 20,5)} \\ &= 1,203 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Эффективный энергозапас горючей смеси

$$E = \begin{cases} 2m_{ВОК}E_{уд}, & \text{если } C_r \leq C_{ст} \\ 2m_{ВОК}E_{уд} \frac{C_{ст}}{C_r}, & \text{если } C_r > C_{ст} \end{cases}; \quad (27)$$

При $C_r = 0,76 \leq C_{ст} = 1,94$

$$E = 2 \cdot 229 \cdot 44 \cdot 10^6 = 20,152 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Видимая скорость фронта пламени [3]:

$$\begin{aligned} u_p &= 43 \cdot m_{ВОК}^{1/6} \\ u_p &= 43 \cdot 229^{1/6} = 106 \text{ м/с} \end{aligned} \quad (28)$$

Максимальная скорость фронта пламени

$$u = \begin{cases} u_p, & \text{если } u_p > 300 \\ 300, & \text{если } u_p \leq 300 \end{cases}; \Rightarrow u = 300 \text{ м/с} \quad (29)$$

Безразмерное расстояние от центра облака

$$r_x = \frac{r}{(E/p_0)^{1/3}} = \frac{14}{(20,152 \cdot 10^9 / 101325)^{1/3}} = 0,21 \quad (30)$$

При $r_x < 0,34$ в расчетах принимаем $r_x = 0,34$

[3],

Величина безразмерного давления

$$p_x = \left(\frac{u^2}{C_0^2}\right) \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right) \left(\frac{0,83}{r_x} - \frac{0,14}{r_x^2}\right) = \left(\frac{300^2}{340^2}\right) \left(\frac{7-1}{7}\right) \left(\frac{0,83}{0,34} - \frac{0,14}{0,34^2}\right) = 1,44 \quad (31)$$

σ - степень расширения продуктов сгорания, $\sigma = 7$ [3],
 C_0 - скорость звука в воздухе, м/с, $C_0 = 340$

м/с

Величина безразмерного импульса фазы сжатия:

$$I_x = W(1 - 0,4W) \left(\frac{0,06}{r_x} + \frac{0,01}{r_x^2} - \frac{0,0025}{r_x^3}\right), \quad (32)$$

$$W = \frac{u}{C_0} \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right) = \frac{300}{340} \left(\frac{7-1}{7}\right) = 0,76, \quad (33)$$

$$I_x = 0,76(1 - 0,4 \cdot 0,76) \left(\frac{0,06}{0,34} + \frac{0,01}{0,34^2} - \frac{0,0025}{0,34^3}\right) = 0,105$$

Избыточное давление взрыва

$$\Delta p = p_x p_0 = 0,105 \cdot 101325 = 145,9 \text{ кПа} \quad (34)$$

Импульс фазы сжатия взрыва

$$I^+ = \frac{I_x p_0^{\frac{2}{3}} E^{\frac{1}{3}}}{C_0} = \frac{0,105 \cdot 101325^{\frac{2}{3}} (20,152 \cdot 10^9)^{\frac{1}{3}}}{340} = 2069 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (35)$$

При пожаре-вспышке условная вероятность поражения человека

$$Q_{\text{возд.всп.}} = \begin{cases} 1, & \text{если } r \leq R_F; \\ 0, & \text{если } r > R_F; \end{cases} \quad 14 < 14,5 \Rightarrow Q_{\text{возд.всп.}} = 1 \text{ год}^{-1} \quad (36)$$

При определении условной вероятности поражения человека, находящегося на открытой площадке, волной давления используем пробит-функцию [3, П4.3]:

$$P_r = 5,0 - 5,74 \ln S, \quad (37)$$

$$S = \frac{4,2}{P} + \frac{1,3}{\bar{r}}, \quad (38)$$

$$\bar{P} = \frac{\Delta p}{p_0} = \frac{145,9 \cdot 10^3}{101325} = 1,44, \quad (39)$$

$$\bar{r} = \frac{I^+}{p_0^{1/2} m^{1/3}} = \frac{2069}{101325^{1/2} 70^{1/3}} = 1,58, \quad (40)$$

m - масса человека, $m = 70$ кг.

$$S = \frac{4,2}{1,44} + \frac{1,3}{1,58} = 3,74$$

$$P_r = 5,0 - 5,74 \ln 3,74 = -2,57.$$

В соответствии с таблицей П4.2 [3] условная вероятность поражения человека волной давления при взрыве облака $Q_{\text{возд.взр.}} = 0 \text{ год}^{-1}$.

Вероятность возникновения взрывоопасной концентрации внутри резервуара при откачке нефтепродукта

$$Q_{\text{ВОК}}^{\text{ВН}} = \frac{n_{\text{об}} \cdot \tau_{\text{отк}}}{\tau_{\text{раб}}} = \frac{24 \cdot 8}{8760} = 2,19 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1} \quad (41)$$

Число попаданий молнии в резервуар в год:

$$N_{\text{УМ}} = (2R_{\text{рез}} + 6H)^2 n \cdot 10^{-6} = (2 \cdot 9,5 + 6 \cdot 12)^2 4 \cdot 10^{-6} = 0,033 \text{ год}^{-1} \quad (42)$$

Вероятность удара молнии в резервуар:

$$Q_{\text{УМ}} = 1 - e^{-N_{\text{УМ}} \tau} = 1 - e^{-0,033 \cdot 1} = 0,03 \text{ год}^{-1} \quad (43)$$

Вероятность поражения молнией резервуара будет равна

$$Q_{\text{М}}^{\text{рез}} = Q_{\text{УМ}} \cdot Q_{\text{ОМ}} = 0,03 \cdot 0,05 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$$

Вероятность появления искры при ошибке оператора, производящего измерение уровня и отбор проб

$$Q_{\text{ФИ}}^{\text{рез}} = Q_{\text{Оп}} \cdot Q_{\text{Зу}} \quad (44)$$

$Q_{\text{Оп}}$ - вероятность ошибки оператора, производящего измерение уровня и отбор проб. $Q_{\text{Оп}} = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ [2];

$Q_{\text{Зу}}$ - вероятность проведения операции измерения уровня.

$$Q_{\text{Зу}} = 1 - e^{-N_{\text{Зу}} \tau} = 1 - e^{-1000 \cdot 1} = 1 \text{ год}^{-1} \quad (45)$$

$$Q_{\text{ФИ}}^{\text{рез}} = 1,52 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 1,52 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$$

Вероятность появления в резервуаре теплового источника

$$Q_{\text{ИЗ}}^{\text{рез}} = Q_{\text{М}}^{\text{рез}} + Q_{\text{ФИ}}^{\text{рез}} = 1,5 \cdot 10^{-3} + 1,52 \cdot 10^{-3} = 3,02 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1} \quad (46)$$

Вероятность возникновения пожара внутри резервуара будет равна

$$Q_{\text{ВОСПЛ}}^{\text{рез}} = Q_{\text{ВОК}}^{\text{ВН}} Q_{\text{ИЗ}}^{\text{рез}} = 2,19 \cdot 10^{-2} \cdot 3,02 \cdot 10^{-3} = 6,61 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1} \quad (47)$$

Оператор, проводящий операции по измерению уровня жидкости в резервуаре и отбору проб, находится на его крыше. Если работник не пострадает от первоначального воспламенения паровоздушной взрывоопасной концентрации, которая влечет за собой подрыв крыши, то совершенно очевидно, что он будет находиться в зоне непосредственно горения жидкости по всей площади резервуара, что неизбежно повлечет к его смерти. Следовательно, вероятность поражения оператора тепловым излучением пожара примем равным $Q_{\text{ВОЗД.ТИ}} = 1$.

Потенциальный пожарный риск для оператора резервуарного парка от воздействия ОФП

$$P(r) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(r) Q_j, \quad (48)$$

j - число сценариев развития пожароопасных ситуаций; $Q_{dj}(r)$ - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (r) в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию; Q_j - частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год^{-1} ;

$$P(r) = Q_{\text{возд.всп.}} Q_{\text{воспл}} Q_{\text{всп}} + Q_{\text{возд.взр.}} Q_{\text{воспл}} Q_{\text{взр}} + Q_{\text{возд.ти}} Q_{\text{воспл}}^{\text{рез}} = 1 \cdot 11,07 \cdot 10^{-6} \cdot 0,94 + 0 \cdot 11,07 \cdot 10^{-6} \cdot 0,06 + 1 \cdot 6,61 \cdot 10^{-5} = 7,65 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1},$$

Полученное значение потенциального пожарного риска в сравнении с нормативными значениями является достаточно значимым [6]. При анализе пожарной опасности процесса хранения нефтепродуктов в резервуарах необходимо учитывать сценарии, связанные с возникновением пожароопасных ситуаций из-за «больших дыханий», т.к. они существенно повлияют на итоговое расчетное значение величины индивидуального пожарного риска. От логичности выбора событий, приводящих к возникновению пожара, будет зависеть правомерность соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности [3, 4]. Значения, полученные по представленной методике, значительно зависят от исходных данных, однако предложенный подход может быть применен при расчете потенциального пожарного риска практически любого резервуара типа РВС.

Библиография

1. Гордиенко Д.М., Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко, Ю.Н. Шебеко, А.Ю. Шебеко [и др.]. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с.
2. ГОСТ 12.1.004-91*. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (в ред. от 01.10.1993 г.). – Введ. 01.07.1992 г. – М.: Стандартиформ, 2006.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс]: утв. Приказом МЧС России от 10 июля 2009 № 404: зарегистрировано в Минюсте России 17 авг. 2009 г. № 14541 (в ред. приказа МЧС России от 14.12.2010 N 649). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
4. Определение величин пожарного риска на производственных объектах хранения сжиженного углеводородного газа: учеб. пособие / С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, Л.П. Вогман - Воронеж: Воронежский институт - филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2018. – 89 с.
5. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* [Электронный ресурс]: утв. Приказом Мин. Регион. Разв. Рос. Федерации от 30 июня 2012 г. N 275. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.08.2008 № 123-ФЗ (в ред. от 10.07.2012 № 117-ФЗ, 02.07.2013-ФЗ) // Собр. законодательства РФ. – 2008. – № 30 (ч. I), ст. 3579.
7. Тугунов П.И., Новоселов Н.Ф., Коршаков А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании нефтебаз и нефтепроводов [Текст]: учеб. пособие для вузов / П.И. Тугунов, Н.Ф. Новоселов, А.А. Коршаков, А.М. Шаммазов. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002. – 658 с.
8. Шебеко Ю.Н., Смолин И.М., Молчадский И.С., Поletaев Н.Л., Зотов С.В., Колосов В.А., Малкин В.Л., Смирнов Е.В., Гордиенко Д.М. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации / Ю.Н. Шебеко, И.М. Смолин, И.С. Молчадский, Н.Л. Поletaев, С.В. Зотов, В.А. Колосов, В.Л. Малкин, Е.В. Смирнов, Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 1998. – 119 с.
9. Шевцов С.А., Гунько Я.Н., Хижниченко А.С., Быков И.А. Анализ пожароопасных ситуаций в резервуарах для хранения светлых нефтепродуктов / С.А. Шевцов, Я.Н. Гунько, А.С. Хижниченко, И.А. Быков // Пожарная безопасность. – 2018. – № 2 – С. 31-37.
10. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Быков И.А.

References

1. Gordienko D.M., Posobie po opredeleniyu raschetnyh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennyh ob"ektov / D.M. Gordienko, YU.N. Shebeko, A.YU. Shebeko [i dr.]. – M.: VNIPO, 2012. – 242 s.
2. GOST 12.1.004-91*. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya (v red. ot 01.10.1993 g.). – Vved. 01.07.1992 g. – M.: Standartinform, 2006.
3. Metodika opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah [EHlektronnyj resurs]: utv. Prikazom MCHS Rossii ot 10 iyulya 2009 № 404: zaregistrirvano v Minyuste Rossii 17 avg. 2009 g. № 14541 (v red. prikaza MCHS Rossii ot 14.12.2010 N 649). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tant Plyus».
4. Opredelenie velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah hraneniya szhizhennogo uglevodородного gaza: ucheb. posobie / S.A. Shevcov, D.V. Kargashilov, L.P. Vogman - Voronezh: Voronezhskij institut - filial Ivanovskoj pozharno-spatatel'noj akademii GPS MCHS Rossii, 2018. – 89 s.
5. SP 131.13330.2012. Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99* [EHlektronnyj resurs]: utv. Prikazom Min. Region. Razv. Ros. Federacii ot 30 iyunya 2012 g. N 275. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tant Plyus».
6. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22.08.2008 № 123-FZ (v red. ot 10.07.2012 № 117-FZ, 02.07.2013-FZ) // Sobr. zakonodatel'stva RF. – 2008. – № 30 (ch. I), st. 3579.
7. Tugunov P.I., Novoselov N.F., Korshak A.A., SHammazov A.M. Tipovye raschety pri proektirovanii neftebaz i nefteprovodov [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / P.I. Tugunov, N.F. Novoselov, A.A. Korshak, A.M. SHammazov. – Ufa: ООО «DizajnPoligrafServis», 2002. – 658 s.
8. Shebeko YU.N., Smolin I.M., Molchadskij I.S., Poletaev N.L., Zotov S.V., Kolosov V.A., Malkin V.L., Smirnov E.V., Gordienko D.M. Posobie po primeneniyu NPB 105-95 «Opredelenie kategorij pomeshchenij i zdaniy po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti» pri rassmotrenii proektno-smetnoj dokumentacii / YU.N. Shebeko, I.M. Smolin, I.S. Molchadskij, N.L. Poletaev, S.V. Zotov, V.A. Kolosov, V.L. Malkin, E.V. Smirnov, D.M. Gordienko. – M.: VNIPO, 1998. – 119 s.
9. Shevcov S.A., Gun'ko YA.N., Hizhnichenko A.S., Bykov I.A. Analiz pozharoopasnyh situacij v rezervuarah dlya hraneniya svetlyh nefteproduktov / S.A. Shevcov, YA.N. Gun'ko, A.S. Hizhnichenko, I.A. Bykov // Pozharnaya bezopasnost'. – 2018. – № 2 – S. 31-37.
10. Shevcov S.A., Kargashilov D.V., Bykov I.A. Analiz pozharnogo riska modul'noj avtozapravochnoj stancii [EHlektronnyj resurs] / S.A. Shevcov, D.V. Kargashilov, I.A. Bykov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii, – 2017. – № 1. – S. 46-52. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp->

Анализ пожарного риска модульной автозаправочной станции [Электронный ресурс] / С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, И.А. Быков // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, – 2017. - № 1. – С. 46-52. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V91/6.pdf> (дата обращения: 11.07.2018).

11. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Быков И.А. Анализ пожарной опасности модульной АЗС по расчетной величине пожарного риска // Сборник статей по материалам V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 15-16 декабря 2016 года «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Ч.I. Воронеж. Воронежский институт ГПС МЧС России, 2016. – С. 44-46.

12. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Быков И.А. К методике определения расчетных величин пожарного риска наземных резервуаров с нефтепродуктами / С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, И.А. Быков // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. - № 1 (22). – С. 42-48.

13. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Быков И.А., Усачев Д.К., Беломятцева Е.Г. Пожаровзрывозащитная и экологически безопасная технология хранения нефтепродуктов в резервуарах / С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, И.А. Быков, Д.К. Усачев, Е.Г. Беломятцева // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2018. - № 3. – С. 8-11.

14. Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Потеха С.В., Быков И.А. Оценка пожарной опасности «больших дыханий» наземных резервуаров для хранения нефтепродуктов численными методами / С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, С.В. Потеха, И.А. Быков // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. - № 1 – С. 43-51.

15. Шевцов С.А., Федорищев В.Р., Дробушко А.Г. К вопросу сокращения естественных потерь нефтепродуктов при их перевалке // Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 28-29 сентября 2017 года «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы», Воронеж. Воронежский институт ГПС МЧС России, 2017. – С. 18-19.

content/uploads/V91/6.pdf (data obrashchenie: 11.07.2018).

11. SHEvcov S.A., Kargashilov D.V., Bykov I.A. Analiz požarnoj opasnosti modul'noj AZS po raschetnoj velichine požarnogo riska // Sbornik statej po materialam V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 15-16 dekabrya 2016 goda «Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij». CH.I. Voronezh. Voronezhskij institut GPS MCHS Rossii, 2016. – S. 44-46.

12. SHEvcov S.A., Kargashilov D.V., Bykov I.A. K metodike opredeleniya raschetnyh velichin požarnogo riska nazemnyh rezervuarov s nefteproduktami / S.A. SHEvcov, D.V. Kargashilov, I.A. Bykov // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. - № 1 (22). – S. 42-48.

13. SHEvcov S.A., Kargashilov D.V., Bykov I.A., Usachev D.K., Belomytceva E.G. Pozharovzryvozashchennaya i ehkologicheski bezopasnaya tekhnologiya hraneniya nefteproduktov v rezervuarah / S.A. SHEvcov, D.V. Kargashilov, I.A. Bykov, D.K. Usachev, E.G. Belomytceva // Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse. - 2018. - № 3. – S. 8-11.

14. SHEvcov S.A., Kargashilov D.V., Potekha S.V., Bykov I.A. Ocenka požarnoj opasnosti «bol'shih dyhanij» nazemnyh rezervuarov dlya hraneniya nefteproduktov chislennymi metodami / S.A. SHEvcov, D.V. Kargashilov, S.V. Potekha, I.A. Bykov // Pozharovzryvbezopasnost'. – 2017. - № 1 – S. 43-51.

15. SHEvcov S.A., Fedorishchev V.R., Drobushko A.G. K voprosu sokrashcheniya estestvennyh poter' nefteproduktov pri ih perevalke // Sbornik statej po materialam VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem 28-29 sentyabrya 2017 goda «Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy», Voronezh. Voronezhskij institut GPS MCHS Rossii, 2017. – S. 18-19.

ASSESSMENT OF POTENTIAL FIRE RISK FOR THE OPERATOR OF THE RESERVOIR PARK FROM INFLUENCE OF DANGEROUS FACTORS OF THE FIRE

Calculation methods have carried out assessment of potential fire risk for the operator of the reservoir park from influence of dangerous factors of the fire. As the events initiating a fire-dangerous situation were considered "big breath" the RVS tank. Possible formation of a steam-air cloud of explosive concentration near the tank at his filling could lead to explosion or the fire flash, and formation of explosive concentration in the free volume of the tank at his depletion – to blasting a roof and burning of liquid on all surface of the tank. Atmospheric electricity, frictional and electric sparks have been chosen as casual sources of ignition. The calculated value of size of potential fire risk proves high fire danger of RVS tanks in the course of implementation of slivonalivny operations that needs to be considered in the complex

analysis of fire danger of reservoir parks and calculation of sizes of individual and social fire risks.

Keywords: *explosive fire hazard; storage of oil products; emission of vapors of oil products; "big breath"; drain and bulk operations; the tank with oil product; potential fire risk.*

Шевцов Сергей Александрович,

*доктор технических наук,
профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты,
Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии
государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8(473)242-12-65, e-mail: shevtsov_sa@vigps.ru*

Shevtsov S.A.,

*Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of Fire Safety of Protection Facilities,
Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

Быков Илья Альбертович,

*Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8 (473) 246-40-67. E-mail: ilyabikov20@gmail.com*

Bykov I.A.,

*Voronezh State Technical University,
Russia, Voronezh.*

Еськова Наталья Вячеславовна,

*Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии
государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8(473)242-12-65, e-mail: shevtsov_sa@vigps.ru*

Eskova N.V.,

*Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

Владимиров Дмитрий Иванович,

*Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии
государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8(473)242-12-65, e-mail: shevtsov_sa@vigps.ru*

Vladimirov D.I.,

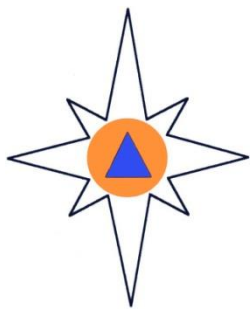
*Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

Балтабаев Дилявер Рустамович,

*Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии
государственной противопожарной службы МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
тел. 8(473)242-12-65, e-mail: shevtsov_sa@vigps.ru*

Baltabayev D.R.,

*Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State
Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*



ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ: ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 811.161.1:80

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ В ИНОЯЗЫЧНОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ

С.В. Могильниченко

В статье рассматриваются вопросы взаимосвязи английского языка и профессиональных дисциплин в ведомственном вузе, отмечается роль иностранного языка как стимула познавательной деятельности курсантов, представлены сферы применения информационных технологий в иноязычной подготовке специалистов МЧС для решения ими профессиональных задач и самообразования. Предлагаются различные виды работ для организации самостоятельной работы с использованием Интернет-ресурсов, а также рекомендации выпускающим кафедрам по поддержанию интереса к изучению английского языка.

Ключевые слова: профессиональная иноязычная коммуникация, междисциплинарные связи, Интернет-ресурсы, языковая компетенция, информационное общество.

В век ускорения научно-технического процесса в разнообразных сферах деятельности человека возрастают требования к интеллектуальному ресурсу личности, к его общей культуре. Первостепенной задачей любого образовательного учреждения становится воспитание гармонически развитой самостоятельной личности, способной к постоянному самообразованию в условиях технического прогресса. В различных отраслях человеческой деятельности возрастает роль информационных процессов, растет потребность в информации и средствах для ее обработки и использования; это в свою очередь приводит к необходимости качественного использования специалистами новых технологий как в своей профессиональной деятельности, так и непосредственно в процессе подготовки.

Одним из важных требований, предъявляемых к современному специалисту, претендующему на роль успешного руководителя в условиях развития международных контактов в области науки, производства и бизнеса, является практическое владение иностранным языком. Специалист в любой области должен понимать речь в сфере своей профессиональной коммуникации, обладать навыками ведения деловой переписки, быть готовым к общению с зарубежными партнерами.

Конкурентоспособность современного специалиста в любой профессии, в том числе в государственной противопожарной службе, определяется как его высокой квалификацией в

профессиональной сфере, так и готовностью решать профессиональные задачи в условиях иноязычного общения. В настоящее время специалист МЧС России - это высококвалифицированный профессионал, который сочетает широкий кругозор с глубоким знанием конкретной области своей деятельности; который умеет выделять стратегические вопросы, а также наладить взаимодействие и взаимопонимание с населением, конкретной общественной группой, отдельными людьми; то есть это специалист, обладающий высокой культурой коммуникативной деятельности [1].

Цель иноязычной подготовки курсантов вузов МЧС России - это не только формирование навыков и умений основных видов речевой деятельности, таких как чтение, говорение, аудирование и письмо, а также подготовка их к самостоятельной деятельности в реальной деловой ситуации. Главной целью обучения является формирование у курсантов способности к адекватным речевым действиям на иностранном языке в ситуациях, связанных с их профессиональной деятельностью, т.е. формирование языковой компетенции.

Это нашло свое подтверждение в период проведения в России Кубка конфедераций FIFA в 2017 году и чемпионата мира по футболу FIFA в 2018 году, когда возникла настоятельная потребность в специалистах оперативно-дежурных смен, диспетчеров телефона доверия, других должностных лиц и реагирующих подразделений МЧС, имеющих

достаточный опыт практического владения английским языком.

Формирование у курсантов иноязычных умений невозможно без целенаправленного формирования понятийно-терминологического аппарата получаемой ими специальности, расширения информационной базы на материале аутентичных текстов, умения решать типовые стандартные и профессионально-ориентированные задачи. Для этого преподавателю следует использовать знания по иностранному языку для расширения межпредметных связей, которые являются действенным стимулом познавательной активности обучаемых. Очень важно, чтобы курсанты в процессе учебы научились определять информативность, новизну, теоретическую и практическую значимость рассматриваемых в статьях проблем; могли формулировать свои собственные суждения и умозаключения на основе полученной иноязычной информации; умели выявлять закономерности, т.е. творчески перерабатывать фактическую информацию, таким образом постоянно совершенствуя свою профессионально значимую интеллектуальную активность [2].

Рабочая программа по дисциплине «Английский язык» в вузах МЧС России имеет явно выраженный профессионально ориентированный характер. Но преподавателям следует учитывать, что в соответствии с ФГОС третьего поколения преподавание иностранного языка осуществляется на 1-2 курсах [3]. Таким образом, профессиональную лексику и тематику курсанты изучают с опережением на один-два года. Это создает определенные трудности не только для обучаемых, но и для преподавателей, так как им часто приходится объяснять технические и профессиональные термины, а не формировать иноязычные навыки и умения. На практике это зачастую ведет к тому, что во время занятий преподаватели ограничиваются чтением общетехнических или научно-популярных текстов, что в свою очередь вызывает снижение мотивации у курсантов к изучению иностранного языка.

На наш взгляд разрешить данную проблему можно несколькими способами. Во-первых, необходимо наладить совместную методическую работу кафедры иностранных языков с профессиональными и выпускающими кафедрами института. При непосредственном участии специалистов этих кафедр следует совместно разрабатывать различные учебные и методические материалы по профильным дисциплинам для курсантов 1-2 курсов, что позволит снять лексические трудности в восприятии ими профессионально ориентированной информации на иностранном языке [4]. Материалами для подобных совместных учебных пособий могут быть статьи из профильных журналов на английском языке, а также различные Интернет-ресурсы.

Также мы считаем целесообразным рекомендовать выпускающим кафедрам при

написании курсантами рефератов и курсовых проектов включать в них обзор современной зарубежной литературы по изучаемым дисциплинам, что будет мотивировать их к самостоятельной работе по иностранному языку, а также будет способствовать поддержанию у курсантов сформированного уровня иноязычной компетенции. При написании дипломных проектов представляется возможным включать в них ссылки на литературу на иностранном языке, а также проводить сравнительный анализ изучаемых ими объектов с зарубежными аналогами [5].

Еще одним способом поддержания мотивации к изучению английского языка и его активного использования для профессионального становления специалиста пожарной охраны является включение в учебную программу в Воронежском институте ГПС МЧС России курса «Делового и профессионального английского языка» для курсантов 3-5 курсов, сдавших экзамен по основной (базовой) программе. Программа данного курса направлена на дальнейшее совершенствование иноязычных навыков и умений, а также способствует повышению роли и качества профессиональной подготовки специалистов в соответствии с современными требованиями. Мы считаем, что успешное прохождение курса «Делового и профессионального английского языка» позволит выпускнику не только читать статьи в профессиональных газетах и журналах, но также участвовать в работе международных конференций, выступать с докладами и вести дискуссии на профессиональные темы с коллегами из других стран [6].

Целенаправленно отбирать содержание обучения исходя из будущей специальности обучаемых следует уже на начальном этапе вузовской подготовки. Для этого на этапе профессионального отбора языкового материала преподавателям иностранного языка следует проанализировать предстоящую профессиональную деятельность курсантов, включив в содержание обучения широкий диапазон тем и ситуаций в рамках конкретной специальности, а также терминологию изучаемой специальности [7]. Это позволит преподавателю создать условия, при которых обучаемые смогут высказываться на английском языке с достаточным профессиональным наполнением, что в свою очередь будет способствовать повышению их учебно-профессиональной мотивации. Таким образом, профессиональный английский язык, изучаемый в вузах МЧС России, становится фактором опережающего профессионального обучения, вооружает курсантов знаниями по их специальности, доказывая тем самым, что иностранный язык является существенным компонентом приобретения новых специальных знаний.

Создание в вузе единой информационной среды позволяет широко использовать в учебном процессе Интернет-технологии как на занятиях, так и

во время самостоятельной работы курсантов [8, 9]. Для организации самостоятельной работы по иностранному языку с использованием Интернет ресурсов мы предлагаем применять следующие виды работы:

- чат-технологии и блоги – примите участие в чате с обсуждением образцов техники с выставки, разработайте ролик-презентацию своей организации и разместите его в блоге для последующего обсуждения,

- видеоконференции – обсудите с коллегами/партнерами возможности новых тушащих материалов и технологий,

- электронную почту – отправьте по почте резюме для устройства на работу в зарубежную фирму,

- тематические и профессиональные форумы – найти на сайте форумы по интересующей тематике, принять участие в обсуждаемых вопросах, выразить свое мнение.

На наш взгляд, подобные виды работы носят неформальный характер, вызывая тем самым положительные эмоции, интерес к изучаемому

материалу, а также стимулируют умственную и мыслительную деятельность.

Все вышеперечисленное призвано способствовать формированию у курсантов вузов МЧС России профессиональной иноязычной компетенции, а также, интегрируя с другими учебными дисциплинами, позволит превратить иностранный язык из учебного предмета в средство приобретения знаний для дальнейшего профессионального и личностного роста, что соответствует современным требованиям к профессиональному становлению специалиста.

Говоря о современном информационном обществе, необходимо отметить, что каждый человек должен иметь возможность получать доступ к информации, идеям и технологиям для того, чтобы внести свой вклад в развитие общества и человечества. Современные электронные помощники переводчика пока еще не работают на уровне необходимом и достаточном для этого, а потому изучение иностранного языка и умение извлекать информацию из зарубежных источников остается актуальным для профессионалов любого профиля, в том числе специалистов МЧС России.

Библиография

1. Могильниченко С.В. Формирование иноязычной компетенции курсантов вузов МЧС России: проблемы и решения [текст] / С.В. Могильниченко // *Вестн. Воронеж. института МВД России*. - 2014. - №2. - С.102-104.
2. Иноземцева К.М. Междисциплинарное сотрудничество преподавателей-лингвистов и предметников в условиях предметно-языковой интеграции / К.М. Иноземцева // *European Social Science Journal*. – 2014. - №8.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования направления подготовки 20.05.01 Пожарная безопасность. - М.: 2015.
4. Крупченко А.К., Кузнецов А.Н. Основы профессиональной лингводидактики: монография. – М.: АПК и ППРО, 2015. – С. 60-62.
5. Могильниченко С.В. Организация учебного процесса по иностранному языку в ведомственном вузе с использованием аутентичных учебников / С.В. Могильниченко // *Вестник Воронежского института МВД России*. - 2013. - № 1 - С.176-178.
6. Могильниченко С.В. Языковые аспекты профессиональной деятельности специалистов МЧС России возможности // *Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции, март 2016 г.* - Минск, УО «Военная академия Республики Беларусь», 2016. - С. 81-82.
7. Могильниченко С.В. К вопросу об использовании межпредметных связей при обучении курсантов профессиональному английскому языку / С.В. Могильниченко // *Известия ВГПУ*. – 2016. – Т. 273. – №4. – С. 241.

References

1. Mogil'nichenko S.V. Formirovanie inoyazychnoj kompetencii kursantov vuzov MCHS Rossii: problemy i resheniya [tekst] / S.V. Mogil'nichenko // *Vestn. Voronezh. instituta MVD Rossii*. - 2014. - №2. - S.102-104.
2. Inozemceva K.M. Mezhdisciplinarnoe sotrudnichestvo prepodavatelej-lingvistov i predmetnikov v usloviyah predmetno-yazykovoj integracii / K.M. Inozemceva // *European Social Science Journal*. – 2014. - №8.
3. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart vysshego obrazovaniya napravleniya podgotovki 20.05.01 Pozharnaya bezopasnost'. - M.: 2015.
4. Krupchenko A.K., Kuznecov A.N. Osnovy professional'noj lingvodidaktiki: monografiya. – M.: APK i PPRO, 2015. – S. 60-62.
5. Mogil'nichenko S.V. Organizaciya uchebnogo processa po inostrannomu yazyku v vedomstvennom vuze s ispol'zovaniem autentichnyh uchebnikov / С.В. Mogil'nichenko // *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii*. - 2013. - № 1 - S.176-178.
6. Mogil'nichenko S.V. YAzykovye aspekty professional'noj deyatel'nosti specialistov MCHS Rossii vozmozhnosti // *Sbornik statej po materialam II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, mart 2016 g.* - Minsk, UO «Voennaya akademiya Respubliki Belarus'», 2016. - S. 81-82.
7. Mogil'nichenko S.V. K voprosu ob ispol'zovanii mezhpredmetnyh svyazej pri obuchenii kursantov professional'nomu anglijskomu yazyku / С.В. Mogil'nichenko // *Izvestiya VGPU*. – 2016. – Т. 273. – №4. – С. 241.
8. Averkieva L.G., CHajka YU.A. Ispol'zovanie

8. Аверкиева Л.Г., Чайка Ю.А. Использование компьютерных технологий (электронный учебник, web ct) для организации самостоятельной работы студентов при обучении профессиональному иностранному языку в техническом вузе // *Филологические науки. Вопросы теории и практики.* - Тамбов: Грамота, 2011. - № 1 (8). - С. 12.

9. Могильниченко С.В. Применение новых технологий в иноязычном обучении: проблемы и возможности // *Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции - Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – С. – 261.*

komp'yuternyh tekhnologij (ehlektronnyj uchebnyk, web ct) dlya organizacii samostoyatel'noj raboty studentov pri obuchenii professional'nomu inostrannomu yazyku v tekhnicheskom vuze // Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki. - Tambov: Gramota, 2011. - № 1 (8). - С. 12.

9. Mogil'nichenko S.V. *Primenenie novyh tekhnologij v inoyazychnom obuchenii: problemy i vozmozhnosti // Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii - Ufa: RIO MCH OMEGA SAJNS, 2014. – С. – 261.*

TO THE CONTEMPORARY TRENDS IN LANGUAGE TEACHING OF SPECIALISTS OF EMERCOM OF RUSSIA

The article deals with the relationship of the English language and professional disciplines, the role of a foreign language as an incentive for the cognitive activity of students, the scope of information technology in foreign language training to solve their professional problems and self-education. Various types of work are offered for the organization of independent work with the use of Internet resources.

Key words: *professional foreign language communication, intersubject communications, Internet resources, language competence, informational society*

Могильниченко Светлана Витальевна,

кандидат педагогических наук,

доцент кафедры гуманитарных дисциплин,

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

Россия, г. Воронеж,

тел. 8(473)242-12-65,

e-mail: samog2010@mail.ru.

Mogilnichenko S.V.,

Candidate of Pedagogical Science,

Assoc. Prof. of the department of humanitarian disciplines,

Voronezh Institute - a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статьи в редакцию предоставляются в отпечатанном (1 экземпляр) виде. Отпечатанный экземпляр должен быть подписан всеми авторами; также на первой странице отпечатанного экземпляра просим указывать раздел, в котором должна быть опубликована статья (перечень разделов можно посмотреть на сайте журнала). Файл с электронным вариантом должен быть назван по фамилиям авторов статьи.
2. К статье необходимо приложить рецензию (заверенную печатью) специалиста в данной области исследования с указанием научной степени, звания, места работы и должности рецензента.
3. Рукопись объемом не менее 2-х страниц формата А4, отпечатанных в текстовом редакторе MS Word шрифтом Times New Roman высотой 10 пт. через один интервал. Поля: верхнее и нижнее – 2,5 см, правое и левое – 2 см. Текст рукописи располагают в одну колонку; опция «разрыв раздела» может использоваться исключительно для создания альбомных страниц.
4. Обязательным элементом статьи является индекс УДК (указывается на первой странице).
5. На первой странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы (организация и подразделение), занимаемая должность, ученая степень, ученое звание, телефон и e-mail каждого из соавторов.
6. Важными элементами статьи являются аннотация и ключевые слова. Аннотация (не менее 600 знаков с пробелами) должна в сжатой форме, но достаточно полно отражать содержание статьи, не повторяя при этом ее название. Аннотация может кратко повторять структуру статьи: указывается задача исследования, ее актуальность, описываются полученные результаты и сделанные выводы.
7. В список ключевых слов необходимо включить все понятия, значимые для выражения содержания статьи и для ее поиска.
8. На последнем листе приводятся сведения об авторах, аннотация и ключевые слова на английском языке.
9. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Логические элементы статьи должны быть выделены заголовками: Введение (~0,5 страницы), Выводы (~0,5 страницы), другие элементы – пункты и, возможно, подпункты (например: «Теоретическое обоснование построения анизотропных поверхностей стоимости», «Алгоритм построения анизотропных поверхностей накопленной стоимости», «Анализ характера разрушения опытных образцов», «Расчет прочности тела фундамента»).
10. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Избегайте тонких линий в графиках. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Название иллюстраций дается под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Если рисунок в тексте один, номер не ставится.
11. Подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см.
12. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.
13. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые авторами обозначения (за исключением общеизвестных констант типа e , h , c и т. п.) и аббревиатуры должны быть пояснены при их первом упоминании в тексте.
14. Все формулы должны быть набраны в редакторе формул MathType шрифтом высотой 10 пт. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (\sin , \cos , \exp) и греческие буквы – обычным (прямым) шрифтом. Формулы нумеруют в круглых скобках – (2).
15. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 в алфавитном порядке или по порядку упоминания источников в тексте. Собственные работы авторов должны быть представлены в списке наравне с работами других ученых, внесших вклад в исследование данной темы. Одна позиция в списке должна содержать только один источник, не допускается объединение в одной ссылке нескольких источников. При цитировании зарубежных изданий, не переведившихся на русский язык, ссылка приводится на языке оригинала; категорически не допускается оформление ссылки в виде самостоятельно сделанного перевода.
16. Автор несет ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала.
17. Высылая рукопись, автор гарантирует, что:

- он не публиковал (кроме публикации статьи в виде препринта) и не будет публиковать статью в объеме более 25 % в других печатных или электронных изданиях;
 - статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;
 - статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.
18. Высылая рукопись, автор соглашается с тем, что редакция журнала имеет право:
- предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;
 - производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.
19. Автор также соглашается с тем, что рукописи статей авторам не возвращаются и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.
20. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.
21. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

**Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, к. 1214
ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Вестник Воронежского института ГПС МЧС России»,
тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik_vi_gps@mail.ru**