

*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

№ 4 (21), 2016



Вестник Воронежского института ГПС МЧС России

Научный журнал

Издается с 2011 года

Выходит 4 раза в год

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). 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., Командно-инженерный институт МЧС 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

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

Стояко 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., Воронежский институт ГПС МЧС России (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)

Редактор: Семейко Елена Александровна, канд. филол. наук

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

Подписано в печать . Усл. печ. л. 6,5. Тираж 500 экз. Заказ № 000.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-56856 от 29.01.2014.

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

© ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

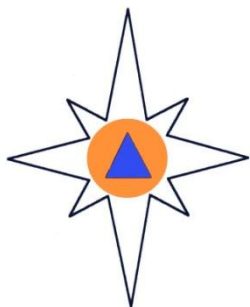
СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	7
О формировании рационального плана проведения мероприятий противопожарной профилактики в субъекте <i>Дрожжин Н.А.</i>	7
БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	13
Проблемные вопросы проведения обследования технического состояния зданий и сооружений при проведении экспертизы промышленной безопасности на опасных производственных объектах <i>Гусев Н.Н., Яковлев В.И., Варенцова А.С.</i>	13
БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ	17
Нормирование показателей пожарной опасности и допустимости применения строительных, текстильных и кожевенных материалов <i>Шумилин В.В., Ненуженко А.М., Бобрышев А.А., Леденев А.А.</i>	17
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	22
К вопросу возникновения лесных пожаров вследствие самовозгорания лесной подстилки <i>Зайцев А.М., Губский С.В.</i>	22
Анализ пожаров на лесном квартале <i>Мазуркин П.М.</i>	30
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	46
Использование задачи статического оценивания при технической диагностике с целью обеспечения безопасности функционирующих гидравлических систем <i>Сазонова С.А.</i>	46
ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА. ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	51
Математическое моделирование динамики водных масс для выбора эффективного места размещения водных систем противопожарного назначения <i>Чудаков А.А., Денисов М.С.</i>	51
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ	59
Информационное обеспечение экологической деятельности хозяйствующих субъектов <i>Жидко Е.А.</i>	59

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ	64
О точности оценки дальности до двухточечного источника излучения при неизвестном угловом положении при приеме на продольно-протяженную антенну <i>Жуков М.М., Мальцев А.В., Картавцев Д.В.</i>	64
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ	70
Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 10 месяцев 2016 года (по материалам Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России)	70
МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»	76
Учебно-профессиональная Я-концепция курсанта – будущего сотрудника ГПС МЧС России <i>Хлоповских Ю.Г.</i>	76
Использование метода затопления при ликвидации аварийных разливов нефти на водных объектах <i>Альжанов Б.А., Горовых О.Г.</i>	79
Динамика патентования изобретений по пожарной безопасности в России (1994–2014 гг.) <i>Евдокимов В.И., Поташев Д.А.</i>	81
Стохастическое моделирование процессов возникновения пожаров на автостоянке <i>Шарапов С.В., Литовченко И.О., Крутолапов А.С.</i>	84
Перколяционная модель принятия управленческих решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках <i>Моторьгин Ю.Д., Литовченко И.О.</i>	87
Прогнозирование максимальных зон поражения экспресс-методом при выбросе аварийно химически опасных веществ, являющихся сжатыми газами <i>Котов Д.С., Саечников В.А., Котов С.Г.</i>	90
Способы противопожарной защиты от распространения опасных факторов пожара через проемы в междуэтажных перекрытиях при создании многосветных пространств <i>Гардарова Е.В., Идрасов А.В.</i>	93
Система подготовки аналитической информации для экспертно-криминалистического исследования нефтепродуктов в пожарно-технической экспертизе <i>Галишев М.А., Павлова А.С.</i>	95
Водородные технологии, повышающие надежность летательных аппаратов различных типов, применяемых в условиях чрезвычайных ситуаций <i>Шалимов Ю.Н., Лутовац М., Руссу А.В., Адианов И.В.</i>	98
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ.....	102

CONTENTS

RISK LIMITATION AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF EMERGENCY SITUATIONS	7
About the formation of a rational plan for fire prevention measures in the region <i>Drozhdzin N.A.</i>	7
SAFETY OF STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS	13
Problem questions for inspection of the technical condition of buildings and constructions at the industrial safety expert examination on dangerous industrial objects <i>Goussev N.N., Yakovlev V.I., Varentcova A.S.</i>	13
SAFETY OF SUBSTANCES AND MATERIALS	17
<i>Rationing of indicators of fire danger and admissibility applications of building, textile and leather materials</i> <i>Shumilin V.V., Bobryshev A.A., Nenuzhenko A.M., Ledenev A.A.</i>	17
GENERAL FIRE SAFETY ISSUES	22
To the question of emergence of forest fires through self-ignition of forest underlay <i>Zaytsev A.M., Gubskiy S.V.</i>	22
The analysis of fires on forest quarter <i>Mazurkin P.M.</i>	30
METHODS AND TOOLS TO ENSURE SECURITY	46
Using the objectives of static evaluation in technical diagnostics in order to ensure safety functioning hydraulic systems <i>Sazonova S.A.</i>	46
HIGHER MATHEMATICS. APPLIED MATHEMATICS. MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEXES OF PROGRAMS.....	51
Mathematical modelling of dynamics of water masses to choose the best placements water systems of fire-prevention appointment <i>Chudakov A.A., Denisov M.S.</i>	51
ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL MANAGEMENT OF SECURITY ISSUES	59
Environmental information systems in the enterprise <i>Zhidko E.A.</i>	59
PHYSICAL-CHEMICAL ASPECTS OF SAFETY	64
About accuracy of assessment of range to the point-to-point source of radiation at unknown angular situation at reception on the longitudinally stretched antenna <i>Zhukov M.M., Malcev A.V., Kartavcev D.V.</i>	64

INFORMATIONAL MESSAGES.....	70
Analysis of the situation with fires and consequences from them on the territory of the Russian Federation in 10 months of 2016 (according to the materials of the Department of supervision and preventive work of EMERCOM of Russia)	70
PROCEEDINGS OF THE VII ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION «FIRE SAFETY: PROBLEMS AND PROSPECTS»	76
Training and professional Self-concept of the student – a future employee state fire service of EMERCOM of Russia <i>Khlopovskikh Y.G.</i>	76
Using the method of flooding in the liquidation of oil spills on water bodies <i>Alzhanov B. A., Horovi O.G.</i>	79
Dynamics of patenting of inventions on fire safety in Russia (1994-2014) <i>Evdokimov V.I., Potashev D.A.</i>	81
Stochastic modeling processes of emergence of fires in the parking lot <i>Sharapov S.V., Lytovchenko I.O., Krutoipop A.S.</i>	84
Percolation model of managerial decision-making to improve fire safety in open car parks <i>Motorigen J.D., Lytovchenko I.O.</i>	87
Prediction of the maximum of the affected areas rapid method for the discharge of hazardous chemical substances that are compressed gases <i>Kotov D.S., Saechnikov V.A., Kotov S.G.</i>	90
Methods of fire protection from the spread of dangerous factors of fire through openings in interfloor overlappings when creating atrium spaces <i>Gardanova E.V., Idrisov A.B.</i>	93
The system of preparation of analytical information for forensic and research of oil in fire-technical examination <i>Galishev M.A., Pavlova A.S.</i>	95
Hydrogen technology that improves the reliability of aircraft of various types, used in emergencies <i>Shalimov Yu. N., Lutovac M., Rusu A.V.</i>	98
GUIDELINES FOR AUTHORS.....	102



СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 614.841.3

О ФОРМИРОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПЛАНА ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ В СУБЪЕКТЕ

Н.А. Дрожжин

Приводится описание подхода к формированию плана проведения мероприятий противопожарной профилактики в лесах субъекта РФ. Такой план является динамическим и может быть скорректирован в зависимости от прогноза количества лесных пожаров. Процесс распределения средств на мероприятия противопожарной профилактики рассматривается как управляемая система. Исследование основано на методах динамического программирования и построении деревьев решений.

Ключевые слова: *план мероприятий противопожарной профилактики в лесах, прогноз количества лесных пожаров, задача динамического программирования, деревья решений.*

Одним из наиболее распространённых стихийных бедствий являются лесные пожары. Каждый год в мире происходит до 400 тысяч лесных пожаров, которые повреждают около 0,5 % общей площади лесов и выбрасывают в атмосферу колоссальный объем продуктов сгорания.

Прогноз количества лесных пожаров – одно из основных условий эффективного управления лесным хозяйством. Он может являться аналитической основой для выработки оперативных мероприятий противопожарной профилактики в лесах. Прогноз количества лесных пожаров позволяет повысить эффективность принятия управленческих решений в области предупреждения и борьбы с ними.

Реальный экономический ущерб от лесного пожара складывается не только из урона, нанесенного лесу, промышленным и другим объектам, но и из затрат, связанных непосредственно с тушением лесного пожара. Именно поэтому субъектами РФ ежегодно осуществляется комплекс превентивных мероприятий, направленных на предупреждение лесных пожаров.

Для предупреждения и снижения негативных последствий лесных пожаров в субъектах РФ проводится противопожарная профилактика, предусматривающая проведение комплекса

мероприятий, направленных на предупреждение возникновения лесных пожаров, ограничение их распространения и создание условий для обеспечения успешной борьбы с ними [1].

Основными документами, регламентирующими проведение мероприятий противопожарной профилактики лесов в субъектах Российской Федерации (далее РФ), являются планы проведения мероприятий по предупреждению и борьбе с лесными пожарами, планы противопожарного обустройства лесов, а также сводные планы тушения лесных пожаров в субъектах РФ [2]. При этом оперативные мероприятия противопожарной профилактики в зависимости от класса лесной пожарной опасности указываются только в сводных планах тушения лесных пожаров.

Проведенный анализ нормативных документов, регулирующих разработку противопожарных мероприятий, сводных планов тушения лесных пожаров, методик прогнозирования лесной пожарной опасности, позволил выделить недостатки и противоречия, влияющие на эффективность проведения мер противопожарной профилактики в лесах [3].

В связи с этим ключевой идеей работы является разработка аппарата прогнозирования количества лесных пожаров, а затем на их основе

формирование оптимального плана мероприятий противопожарной профилактики в лесах субъекта РФ.

Анализ статистических оперативных данных космического мониторинга лесных пожаров и статистических данных по погодным условиям в рамках определенной территории показывает, что между погодными факторами и количеством лесных пожаров имеется высокая корреляция. Нахождение зависимостей количества пожаров от погодных условий можно осуществить при помощи методов DataMining, а именно построения деревьев решений. Такие зависимости лягут в основу модели оперативного прогнозирования количества лесных пожаров в зависимости от условий погоды. Эта модель при подстановке в нее прогнозных данных по погодным условиям может выдавать прогноз количества лесных пожаров на рассмотренной территории с заданной точностью.

Далее на основе полученного прогноза необходимо решить задачу выбора оптимальных

мероприятий, направленных на предотвращение и снижение последствий лесных пожаров. Эта задача предполагает разработку рационального плана проведения мероприятий противопожарной профилактики, позволяющего в условиях меняющейся обстановки и ограниченного финансирования выбрать именно те мероприятия, которые окажутся наиболее эффективными. Уход от интуитивного принятия решений о выборе таких мероприятий, выбор их рациональным образом, основываясь на результатах прогноза ЛПО, позволит снизить опасность воздействия лесных пожаров на население, проживающее на территории субъекта РФ.

Постановка задачи прогнозирования количества лесных пожаров и задачи разработки рационального плана проведения мероприятий противопожарной профилактики приведена в [3].

Этапы решения задачи представлены на рис. 1.



Рис. 1. Этапы решения задачи.

Решение задачи прогнозирования количества лесных пожаров можно разбить на 4 этапа:

1. Получение и обработка исходных статистических данных по погодным условиям и лесным пожарам.

Для проведения работы были использованы данные космического мониторинга термоточек системы MODIS, а также данные по погодным условиям с Интернет-портала «ООО Расписание погоды» за период с 2009 по 2015 года. Основные используемые метеорологические факторы: температура воздуха, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра, облачность и др.

Обработка данных по лесным пожарам заключается:

- в ручной верификации данных, устранении аномальных значений, а также расчете количества пожаров;
- выделении пожароопасных периодов (в

работе выделяются пожароопасные периоды с интервалом в 1 неделю для каждого муниципального образования, при построении модели берутся в рассмотрение только те дни, которые относятся к пожароопасной неделе, таким образом удается избавиться от «нулевых» недель).

Обработка данных по погодным условиям заключается в очистке данных, устранении пропусков в данных, устранении несоответствия данных формату, усреднении данных по погоде.

2. Выбор метеорологических факторов, которые в наибольшей степени влияют на возникновение лесных пожаров.

Для выбора метеорологических факторов были определены следующие признаки агрегирования:

- 1) по величине значения: максимальное, минимальное, среднее;
- 2) по степени усреднения: среднеедневное, среднесуточное;

3) по времени измерения: за текущий день, на 13:00 текущего дня, за 1 (2, 3) дня до текущего дня, за неделю до текущего дня.

В соответствии с этими признаками из 9 метеорологических факторов составлено 189 комбинаций и на основе расчета коэффициента корреляции Пирсона с количеством лесных пожаров определены 29 наилучших комбинаций по убыванию коэффициента корреляции. Эти факторы будут использоваться непосредственно для обучения модели [4].

3. Построение математической модели прогнозирования количества лесных пожаров.

Исходные данные, полученные в результате этапов 1 и 2, можно представить в виде выборки, которая будет использоваться для обучения модели прогнозирования (табл.).

Для построения моделей прогнозирования был использован метод DataMining, деревья решений. Сущность предлагаемого подхода к построению моделей прогнозирования лесных пожаров состоит в том, что модели строятся отдельно для каждого муниципального образования. Это позволяет учесть их территориальные, климатические особенности и специфику возникновения лесных пожаров в каждом районе.

В контексте данной задачи дерево решений представляет собой иерархическую структуру, в узлах которой находится условие на тот или иной метеорологический показатель, а в листьях – значение количества лесных пожаров (рис. 2).

Таблица

Представление исходных данных в виде обучающей выборки

Муниципальное образование	Дата	Макс. темп. воздуха за пред. сутки, с	Мин. атм. давл за прош. нед., мм рт. ст.	Средн. относит. влажн. воздуха за тек. сут. %	...	Кол-во лесных пожаров
Абанский район	01.05.2009	17,21	760,1	41,4		5
Абанский район	02.05.2009	18,19	762,7	45,7		7
Абанский район	03.05.2009	16,41	761,4	40,8		10
Абанский район	04.05.2009	17,91	766,2	45,8		8
Абанский район	05.05.2009	18,54	768,8	42,1		6

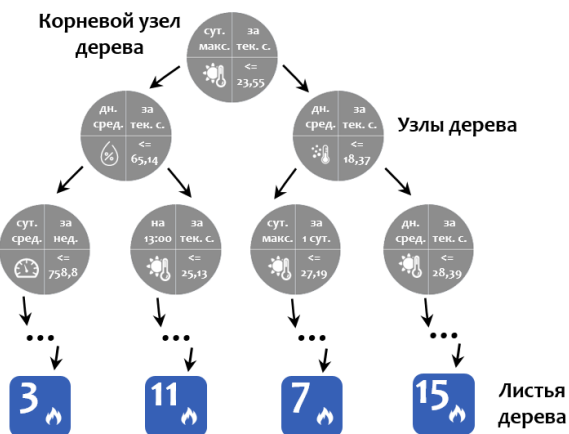


Рис. 2. Пример дерева решений.

Построение дерева для каждого муниципального образования ведется с помощью специального алгоритма машинного обучения – метода градиентного бустинга деревьев решений [5]. Бустинг – это процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного

обучения, когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов. При использовании градиентного бустинга деревьев решений задача состоит в нахождении функции (1), минимизирующей функционал

$$f = \operatorname{argmin}_F \sum_{i=1}^N L(y_i, F(x_i)) \quad (1)$$

где $L(y_i, F(x_i))$ – квадратичная функция потерь:

$$L(y_i, F(x_i)) = \frac{1}{2}(y - F(x))^2 \quad (2)$$

То есть необходимо найти такую функцию $F(x)$, которая бы минимизировала сумму функций потерь по всей исходной выборке (табл.). Алгоритм бустинга предполагает последовательное построение нескольких моделей, дающих функцию $F(x)$, причём каждая следующая модель использует данные об ошибках предыдущих моделей. В качестве $F(x)$ используется дерево решений. Построение одного дерева решений производится с помощью алгоритма Cart.

4. Прогнозирование количества лесных пожаров.

Для прогноза лесных пожаров на вход полученной модели (функции (1)) подаются прогнозные значения погодных условий в соответствующем муниципальном образовании (рис. 3). Дальность прогноза количества лесных пожаров составляет 6 суток. Это обусловлено дальностью прогноза погодных условий. При этом в очередной день прогноз на ближайшие 6 суток пересчитывается и уточняется.

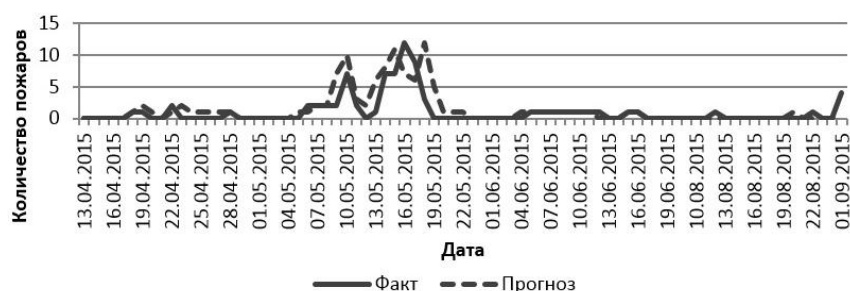


Рис. 3. Прогноз количества пожаров в Абанском районе.

Прогноз количества лесных пожаров используется в качестве исходных данных для формирования рационального плана проведения мероприятий противопожарной профилактики (рис. 1).

Задачу формирования такого плана можно разбить на 3 этапа:

Получение и обработка исходных данных.

Из всех требующихся исходных данных наиболее сложным является прогноз количества пожаров w , так как от него зависит качество разрабатываемого плана. Прогноз количества пожаров можно получить при помощи модели, рассмотренной выше.

Набор всех возможных оперативных мероприятий противопожарной профилактики и предполагается составить путем анализа действующих сводных планов тушения лесных пожаров, нормативных документов, регламентирующих проведение мероприятий противопожарной профилактики, а также при помощи экспертов.

Выбор таких исходных данных, как показатели опасности населения h_i , стоимость

При этом уравнения состояний $s_{t,l} = f(s_{t,l-1}, X_{t,l})$ принимают вид: $S_{t,l} = S_{t,l-1} - X_{t,l}$, $X_{t,l} = X_{t,l}(g_{t,l}, c_{t,l}) = X_{t,l}(g_{t,l}(u_{t,l}, h_{t,l}), c_{t,l}(u_{t,l}))$.

Целевые функции на каждом шаге принимают вид:

$$Z_{t,l} = f[s_{t,l-1}, X_{t,l}, p_{t,l,i}] \quad (3)$$

Тогда уравнения Беллмана принимают вид:

$$Z_{t,l-1}^*(S_{t,l-2}) = \min_{\{X_{t,l-1}\}} \{f_{t,l-1}(S_{t,l-2}, X_{t,l-1}, p_{t,l-1}) + Z_{t,l}^*(s_{t,l-1})\}, \quad (4)$$

выполнения мероприятий s , коэффициенты снижения опасности p , приоритеты выполнения мероприятий g может быть произведен при помощи экспертов с использованием методов обработки результатов анкетирования.

Выбор оптимальных мероприятий при помощи метода динамического программирования.

После получения всех необходимых исходных данных решение задачи можно осуществить при помощи оптимизационных методов (в частности метода динамического программирования) [6]. Данный метод позволяет разбить процесс принятия решения на более простые подзадачи, после чего объединить решение подзадач в одно общее решение.

В соответствии с постановкой задачи [3] необходимо определить совокупность управлений (распределение средств) $X = \sum_{t=1}^6 X_t(g_t, c_t)$ переводящих систему S из начального состояния $S_{0,0}$ в конечное состояние \hat{S}_6 и минимизирующих суммарную опасность для населения.

а условный максимум целевой функции на n-шаге:

$$Z_{t,l}^*(s_{t,l-1}) = \min_{\{X_{t,l}\}} f_{t,l}(S_{t,l-1}, X_{t,l}, P_{t,l}) \quad (5)$$

s_0 – сумма денежных средств, выделяемых на проведение мероприятий противопожарной профилактики. Для решения задачи необходимо для каждого $t = (1, 6)$, используя уравнения Беллмана и уравнения состояний, найти последовательно $X_{t,1}$, $s_{t,1}$, затем $X_{t,2}$, $s_{t,2}$ и т.д.

Решение задачи позволит определить список мероприятий противопожарной профилактики в субъекте на каждый день в зависимости от прогнозируемого количества лесных пожаров. Мероприятия выбираются таким образом, чтобы снизить суммарную опасность для населения от лесных пожаров, при этом придерживаясь установленного бюджета. Задача определения максимального объема денежных средств на

каждый день (т.е. определения $s_{t,0}$) требует дальнейшей проработки.

Формирование рационального плана противопожарной профилактики.

Полученный при помощи метода динамического программирования список мероприятий противопожарной профилактики в лесах на каждый из 6-ти дней необходимо представить в виде динамического плана, руководствуясь которым лицо, принимающее решение, сможет управлять пожароопасной обстановкой. В таком плане полученный список мероприятий должен быть распределен по группам, в плане должна быть указана стоимость выполнения мероприятий, ответственное подразделение или исполнитель, время выполнения мероприятий и другая необходимая информация.

Библиографический список

1. Рекомендации по противопожарной профилактике в лесах и регламентации работы лесопожарных служб от 17.11.1997 г. [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/58830380> (дата обращения: 17.06.16).
2. Лесной кодекс Российской Федерации (утв. Федеральным законом РФ от 4.12.2006 г. № 200-ФЗ). – М.: изд-во «Проспект», 2016. – 112 с.
3. Дрожжин Н.А., Рыбаков А.В. Постановка задачи разработки рационального плана проведения мероприятий противопожарной профилактики в субъекте (на основе прогнозирования количества пожаров) / Н.А. Дрожжин, А.В. Рыбаков // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – №1 (28). – 2016. – С. 29-35.
4. Дрожжин Н.А., Белоусов Р.Л., Воронежский А.В. Прогнозирование количества лесных пожаров по данным космического мониторинга / Н.А. Дрожжин, Р.Л. Белоусов, А.В. Воронежский // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2014. – № 2. – С. 61-66.
5. Дружков П.Н., Половинкин А.Н. Реализация параллельного алгоритма обучения в методе градиентного бустинга деревьев решений для систем с распределенной памятью / П.Н. Дружков, А.Н. Половинкин // Параллельные вычислительные технологии 2012 (ПАВТ'2012). Новосибирск, 26-30 марта 2012 г. – Новосибирск, 2012. – С. 459-465.
6. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике: учеб. пособие для бакалавров / Н.Ш. Кремер – М.: Изд-во Юрайт; ИД Юрайт, 2012. – 430 с.

References

1. Rekomendacii po protivopozharnoj profilaktike v lesah i reglamentacii raboty lesopozharnyh sluzhb ot 17.11.1997 g. [Elektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/58830380> (data obrashhenija: 17.06.16).
2. Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii (utv. Federal'nym zakonom RF ot 4.12.2006 g. № 200-FZ). – M.: izd-vo «Prospekt», 2016. – 112 s.
3. Drozhzhin N.A., Rybakov A.V. Postanovka zadachi razrabotki racional'nogo plana provedenija meroprijatij protivopozharnoj profilaktiki v sub'ekte (na osnove prognozirovanija kolichestva pozharov) / N.A. Drozhzhin, A.V. Rybakov // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity. – №1 (28). – 2016. – S. 29-35.
4. Drozhzhin N.A., Belousov R.L., Voroneckij A.V. Prognozirovanie kolichestva lesnyh pozharov po dannym kosmicheskogo monitoringa / N.A. Drozhzhin, R.L. Belousov, A.V. Voroneckij // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity. – 2014. – № 2. – S. 61-66.
5. Druzhkov P.N., Polovinkin A.N. Realizacija parallel'nogo algoritma obuchenija v metode gradientnogo bustinga derev'ev reshenij dlja sistem s raspredelennoj pamjat'ju / P.N. Druzhkov, A.N. Polovinkin // Parallel'nye vychislitel'nye tehnologii 2012 (PAVT'2012). Novosibirsk, 26-30 marta 2012 g. – Novosibirsk, 2012. – S. 459-465.
6. Kremer N.Sh. Issledovanie operacij v jekonomike: ucheb. posobie dlja bakalavrov / N.Sh. Kremer – M.: Izd-vo Jurajt; ID Jurajt, 2012. – 430 s.

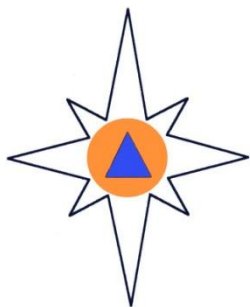
**ABOUT THE FORMATION OF A RATIONAL
PLAN FOR FIRE PREVENTION
MEASURES IN THE REGION**

The article provides a description of the approach to the formation of a plan for fire prevention measures in the forests of the Russia subject. Such a plan is dynamic and can be adjusted depending on the forecast of the number of forest fires. The process of allocation of funds for fire prevention measures is seen as a managed system. The study is based on the methods of dynamic programming and construction of decision trees.

Keywords: *plan of fire prevention measures in the forests, the forecast number of forest fires, the task of dynamic programming, decision trees.*

Дрожжин Никита Александрович,
*адъюнкт,
Академия гражданской защиты МЧС России,
Россия, г. Химки.*

Drozhzhin N.A.,
*adjunct,
The Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia,
Russia, Khimki.*



БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.042.8(031)

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Н.Н. Гусев, В.И. Яковлев, А.С. Варенцова

Рассматриваются проблемные вопросы в области обследования технического состояния зданий и сооружений при проведении экспертизы промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

Ключевые слова: *обследование технического состояния зданий и сооружений, техническое задание и программа проведения обследования, экспертиза промышленной безопасности.*

Необходимость оценивания фактического состояния зданий и сооружений на опасных производственных объектах при проведении экспертизы промышленной безопасности (далее – ЭПБ) вытекает из п. 21. «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности» [1], согласно которому для оценки фактического состояния зданий и сооружений проводится их обследование.

При проведении ЭПБ экспертные организации в процессе обследования зданий и сооружений (далее – ЗиС) на опасных производственных объектах (далее – ОПО) вправе следовать только действующим нормативным документам, регламентирующим проведение обследований ЗиС.

На момент написания данной статьи в «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2], включен только один нормативный документ, регламентирующий правила обследования технического состояния зданий и сооружений, – это ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [3], который предусматривает обследование технического состояния и комплексное обследование технического

состояния, которые, в свою очередь, включают визуальное обследование.

Какой вид обследования предполагается в «Правилах проведения экспертизы промышленной безопасности»? Указаний на этот счет в «Правилах» нет, кроме указаний в п. 13 о том, что «экспертиза проводится с целью определения соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности и основывается на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники».

Отдельный вопрос связан с объемом выполняемых при обследовании работ. Согласно п.4.2 [3], обследование и мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводят в соответствии с предварительно разработанными программами, которые в соответствии в п. 5.1.8 [3] составляются с учетом согласованного с заказчиком технического задания.

При этом, в п. 5.1.7 [3] допускается сокращение заказчиком объемов обследования, снижающее достоверность заключения о техническом состоянии объекта, что не допустимо при проведении ЭПБ зданий и сооружений, так как согласно п.13 [1] экспертиза основывается на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники.

Если до вступления в силу [3] в нормативных документах по обследованию зданий и сооружений [4-5] хотя бы присутствовали формы Технического задания и Программы обследования, регламентирующие состав работ и другие требования к проведению обследования, то в действующих, начиная с 2015 г., нормативных документах [1, 3, 6] этого уже нет. Это означает, что определение состава и объема выполняемых работ дается на откуп экспертной организации. При этом заказчик ЭПБ вправе корректировать состав и объем выполняемых работ. В связи с этим возникает вопрос: чем обеспечивается объективность, всесторонность и полнота исследований при проведении обследования? По каким критериям она оценивается?

Логично предположить, что раз в нормативных документах по промышленной безопасности [6] все ОПО в зависимости от уровня потенциальной опасности аварий на них для жизненно важных интересов личности и общества подразделяются на четыре класса опасности, то состав и объем работ по обследованию зданий и сооружений на ОПО должен быть дифференцирован по этим классам.

На сегодня в нормативной документации не регламентирован еще один вопрос, какой именно итоговый документ должен быть представлен в приложении к заключению ЭПБ?

До 2015 года нормативные документы [4-5] требовали по результатам проведения обследования представлять один из следующих итоговых отчетных документов:

- техническое заключение [4];
- акт, заключение или отчет о техническом состоянии [5].

В первом случае в приложения выносятся [4]: необходимые чертежи здания или сооружения, чертежи по результатам замеров (в случае необходимости), результаты проверочного расчета, копии сертификатов на сталь и сварочные материалы, протоколы испытаний материалов, справки о снеговых и ветровых нагрузках, копии других документов, представляющие интерес для оценки технического состояния обследуемого здания или сооружения.

Во втором случае [5]: планы, разрезы, ведомости дефектов и повреждений или схема дефектов и повреждений с фотографиями наиболее характерных из них; схемы расположения трещин в железобетонных и каменных конструкциях и

данные об их раскрытии; значения всех контролируемых признаков, определение которых предусматривалось техническим заданием или программой проведения обследования; результаты поверочных расчетов, если их проведение предусматривалось программой обследования; оценка состояния конструкций с рекомендуемыми мероприятиями по усилению конструкций, устранению дефектов и повреждений, а также причин их появления.

Однако действовавшие до 2015 года нормативные документы [4-5], регламентирующие обследование зданий и сооружений, в настоящий момент утратили свою легитимность: правовой статус [4] не определен (не зарегистрирован в Минюсте РФ), а [5] не включен в «Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Следовательно, легитимным при проведении обследований зданий и ЗИС на ОПО можно считать только ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», который по результатам обследований требует в качестве итогового отчетного документа «Заключение по обследованию технического состояния здания» или «Заключения по комплексному обследованию технического состояния здания». При этом п. 23 «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности» требует, чтобы по результатам обследования к заключению ЭПБ прикладывался *акт о проведении указанных работ*.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным закрепить нормативными актами в области промышленной безопасности следующие положения:

- название итогового отчетного документа по результатам обследования зданий и сооружений на ОПО.
- требования к Техническому заданию и Программе работ по обследованию зданий и сооружений на ОПО (форма, состав и т.д.) с дифференциацией по классам опасности.
- требования к итоговому отчетному документу по результатам обследования зданий и сооружений на ОПО с дифференциацией по классам опасности.

Библиографический список

References

1. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности [Текст]: федеральные нормы и правила // Российская газета №296 (31 дек. 2013 г.) – С. 3-12.
2. Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (утвержденный Постановлением Правительства от 26.12.2014 г. № 1521) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/420243891> (дата обращения: 17.03.16).
3. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния – М.: Изд-во Стандартиформ, 2014. – 54 с.
4. РД 22-01-97 Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследования строительных конструкций специализированными организациями) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026286> (дата обращения: 17.03.16).
5. СП 13-102-2003 Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034118> (дата обращения: 17.03.16).
6. О промышленной безопасности: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ // Собрание законодательства. – 1997. – №30 (28 июля). – С. 1485-1498 (ст. 3588).

1. Pravila provedenija jekspertizy promyshlennoj bezopasnosti [Tekst]: federal'nye normy i pravila // Rossijskaja gazeta №296 (31 dek. 2013 g.) – S. 3-12.
2. Perechen' nacional'nyh standartov i svodov pravil (chastej takih standartov i svodov pravil), v rezul'tate primenenija kotoryh na objazatel'noj osnove obespechivaetsja sobljudenie trebovanij Federal'nogo zakona Tehnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniij i sooruzhenij (utverzhdennyj Postanovleniem Pravitel'stva ot 26.12.2014 g. № 1521) [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/420243891> (data obrashhenija: 17.03.16).
3. GOST 31937-2011. Zdanija i sooruzhenija. Pravila obsledovanija i monitoringa tehničeskogo sostojanija – M.: Izd-vo Standartinform, 2014. – 54 s.
4. RD 22-01-97 Trebovanija k provedeniju ocenki bezopasnosti jekspluatacii proizvodstvennyh zdaniij i sooruzhenij podnadzornyh promyshlennyh proizvodstv i ob'ektov (obsledovanija stroitel'nyh konstrukcij specializirovannymi organizacijami) [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026286> (data obrashhenija: 17.03.16).
5. SP 13-102-2003 Svod pravil po proektirovaniju i stroitel'stvu. Pravila obsledovanija nesushhih stroitel'nyh konstrukcij zdaniij i sooruzhenij [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034118> (data obrashhenija: 17.03.16).
6. O promyshlennoj bezopasnosti: Federal'nyj zakon ot 21 ijulja 1997 g. № 116-FZ // Sobranie zakonodatel'stva. – 1997. – №30 (28 ijulja). – S. 1485-1498 (st. 3588).

PROBLEM QUESTIONS FOR INSPECTION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS AT THE INDUSTRIAL SAFETY EXPERT EXAMINATION ON DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS

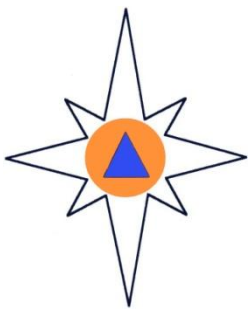
The article describes problem questions about examination of the technical condition of buildings and constructions at the industrial safety expert examination on dangerous industrial objects.

Keywords: examination of the technical condition of buildings and constructions, requirements specification, objective and program for examination, industrial safety expert examination.

Гусев Николай Николаевич,
директор ООО «НПФ «Лидинг»,
д.т.н., профессор,
Россия, Санкт-Петербург,
e-mail: goussev_nn@mail.ru.
Goussev N.N.,
Dr.Tech . Sci., Prof.,
Russia, Saint-Petersburg
e-mail: goussev_nn@mail.ru.

Яковлев Владимир Иванович,
технический директор ООО «Промтехэксперт»,
д.т.н., профессор,
начальник отдела экспертизы технических устройств ООО «НТЦ Экспертсервис»,
Россия, Санкт-Петербург,
e-mail: lubov_y@mail.ru.
Yakovlev V.I.,
Dr.Tech . Sci., Prof.
Russia, Saint-Petersburg
lubov_y@mail.ru.

Варенцова Анна Сергеевна,
эксперт по промышленной безопасности
ООО «НПФ «Лидинг»,
Россия, Санкт-Петербург,
e-mail: 9595835@mail.ru.
Varentcova A. S.,
Russia, Saint-Petersburg,
e-mail: 9595835@mail.ru.



БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 614.841.34

НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ДОПУСТИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ТЕКСТИЛЬНЫХ И КОЖЕВЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. Шумилин, А.М. Ненуженко, А.А. Бобрышев, А.А. Леденев

В статье представлены результаты анализа нормативной базы, регламентирующей показатели пожарной опасности и допустимости применения строительных, текстильных и кожевенных материалов. Для более четкого понимания требований пожарной безопасности, предъявляемых к текстильным и кожевенным материалам, предлагается установить в нормативных документах допустимость применения данных материалов в зависимости от показателей пожарной опасности с учетом вида материала, его назначения, области применения, класса функциональной пожарной опасности зданий.

Ключевые слова: *пожарная опасность, строительные материалы, текстильные материалы, кожевенные материалы.*

Частую пожары в помещениях зданий и сооружений начинаются с загорания изделий из текстиля. Текстильные и кожевенные материалы широко используются в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности для изготовления многочисленных изделий, являются неотъемлемой частью интерьера объектов жилищного, производственного и социально-культурного назначения. Они традиционно используются в качестве элементов мягкой мебели, постельных принадлежностей, ковровых покрытий, стеновых материалов, штор, занавесей, паласов, гобеленов и др. При воздействии высоких температур эти материалы могут воспламениться и гореть с образованием опасных факторов пожара. Практически все известные текстильные материалы горючи и распространяют пламя по поверхности. Большинство из них воспламеняется даже при воздействии малокалорийных источников зажигания, таких как непотушенные сигареты и горящие спички.

Вопросам оценки пожарной опасности текстильных материалов уделяется достаточно много внимания как у нас в стране, так и за рубежом. При этом имеющиеся нормативные документы указывают на необходимость оценки тех или иных показателей пожарной опасности в

зависимости от функционального назначения изделий [1, 2].

Ст. 13 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [3] установлена классификация и требования по оценке показателей пожарной опасности строительных, текстильных и кожевенных материалов. Классификация по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара. Согласно ч. 2 ст. 13 Федерального закона № 123-ФЗ строительные, текстильные и кожевенные материалы характеризуются следующими свойствами и соответствующими им группами:

- 1) горючесть (Г1, Г2, Г3, Г4);
- 2) воспламеняемость (В1, В2, В3);
- 3) способность распространения пламени по поверхности (РП1, РП2, РП3, РП4);
- 4) дымообразующая способность (Д1, Д2, Д3);
- 5) токсичность продуктов горения (Т1, Т2, Т3, Т4).

Согласно ч. 1 – 11 ст. 13 предполагается, что вышеперечисленные показатели применяются для текстильных и кожевенных материалов, используемых в зданиях и сооружениях в качестве строительных материалов, например для отделки стен, напольных покрытий. В связи с этим понятна

ссылка на таблицу 3 Федерального закона № 123-ФЗ (табл. 1), регламентирующую определение класса пожарной опасности текстильных и кожаных строительных материалов, а также на

таблицу 27 Федерального закона № 123-ФЗ (табл. 2), регламентирующую перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности.

Таблица 1

Классы пожарной опасности строительных материалов

Свойства пожарной опасности строительных материалов	Класс пожарной опасности строительного материала в зависимости от групп					
	КМ0	КМ1	КМ2	КМ3	КМ4	КМ5
Горючесть	НГ	Г1	Г1	Г2	Г3	Г4
Воспламеняемость	-	В1	В2	В2	В2	В3
Дымообразующая способность	-	Д2	Д2	Д3	Д3	Д3
Токсичность	-	Т2	Т2	Т2	Т3	Т4
Распространение пламени	-	РП1	РП1	РП2	РП2	РП4

Примечание: перечень показателей пожарной опасности строительных материалов, достаточных для присвоения классов пожарной опасности КМ0 – КМ5, определяется в соответствии с таблицей 27 Федерального закона № 123-ФЗ.

Таблица 2

Перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности строительных материалов

Назначение строительных материалов	Перечень необходимых показателей в зависимости от назначения строительных материалов				
	группа горючести	группа распространения пламени	группа воспламеняемости	группа по дымообразующей способности	группа по токсичности продуктов горения
Материалы для отделки стен и потолков, в том числе покрытия из красок, эмалей, лаков	+	-	+	+	+
Материалы для покрытия полов, в том числе ковровые	-	+	+	+	+
Кровельные материалы	+	+	+	-	-
Гидроизоляционные и пароизоляционные материалы толщиной более 0,2 миллиметра	+	-	+	-	-
Теплоизоляционные материалы	+	-	+	+	+

Примечание:
 1. Знак «+» обозначает, что показатель необходимо применять.
 2. Знак «-» обозначает, что показатель не применяется.
 3. При применении гидроизоляционных материалов для поверхностного слоя кровли показатели их пожарной опасности следует определять по позиции «кровельные материалы».

Согласно ч. 6 ст. 134 Федерального закона № 123-ФЗ можно определить допустимость применения текстильных, кожаных декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации и в зальных помещениях (за исключением покрытий полов спортивных арен спортивных сооружений и полов танцевальных залов) по таблицам 28, 29 Федерального закона № 123-ФЗ.

В то же время согласно ч. 13, 14 ст. 13 Федерального закона № 123-ФЗ текстильные и кожаные материалы классифицируются по следующим показателям:

1) по воспламеняемости:

- легковоспламеняемые;
- трудновоспламеняемые;

2) по распространению пламени:

- не распространяющие пламя по поверхности;
- медленно распространяющие пламя по поверхности;
- быстро распространяющие пламя по поверхности.

Кроме того, согласно ч. 4 ст. 135 и таблице 30 Федерального закона № 123-ФЗ (табл. 3), для оценки пожарной опасности текстильных и кожаных материалов должны применяться следующие показатели:

- показатель токсичности продуктов горения;
- коэффициент дымообразования.

Можно предположить, что если Федеральным законом № 123-ФЗ установлены данные показатели, необходимые для оценки пожарной опасности текстильных и кожаных материалов, и существуют методики определения этих показателей [4, 5], то должны быть и нормативные требования, регламентирующие допустимость применения этих материалов в зависимости от их пожарной опасности и области применения. Однако такие требования в Федеральном законе № 123-ФЗ не предусмотрены. Показатели пожарной опасности текстильных материалов, не относящихся к строительным материалам, регламентируются лишь в одном случае: при применении их для сидений на трибунах и в залах зрелищных учреждений (п. 5.4 СП 4.13130.2013) [6].

С учетом содержания ч. 4 ст. 135 можно утверждать, что в имеющихся условиях решение вопроса о границах применения кожаного или текстильного материала отдано на откуп его производителю. Такое положение дел не соответствует существующим принципам в сфере противопожарного нормирования.

Таблица 3

Перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности текстильных и кожаных материалов и для нормирования требований

Показатели пожарной опасности	Функциональное назначение				
	Шторы и занавесы	Постельные принадлежности	Элементы мягкой мебели (в том числе кожаные)	Специальная защитная одежда	Ковровые покрытия
Воспламеняемость	+	+	+	+	+
Устойчивость к воздействию теплового потока	-	-	-	+	-
Теплозащитная эффективность при воздействии пламени	-	-	-	+	-
Распространение пламени	-	-	+	-	+
Показатель токсичности продуктов горения	+	-	+	-	+
Коэффициент дымообразования	+	-	+	-	+

Примечание:
 1. Знак «+» обозначает, что показатель необходимо применять.
 2. Знак «-» обозначает, что показатель не применяется.

Таким образом, для более четкого понимания требований пожарной безопасности, предъявляемых к текстильным и кожевенным материалам, на наш взгляд, целесообразным является установить в нормативных документах допустимость применения данных материалов в зависимости от показателей пожарной опасности,

представленных в Федеральном законе № 123-ФЗ ч. 13, 14 ст. 13; ч. 4 ст. 135 табл. 30, с учетом вида материала, его назначения, области применения, класса функциональной пожарной опасности зданий. Такое нормирование может быть реализовано по аналогии с таблицами 28 и 29 Федерального закона № 123-ФЗ.

Библиографический список

1. Анализ и совершенствование нормативной базы, регламентирующей показатели пожарной опасности строительных материалов / В.В. Шумилин [и др.] // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России – № 3 (16). – 2015. – С. 7 – 11.
2. О нормировании показателей пожарной опасности строительных материалов / В.В. Шумилин [и др.] // Сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы». Ч. 2. – Воронеж, 2015. – С. 132 – 135.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.08 №123-ФЗ // Российская газета. – 2008. – №163.
4. ГОСТ Р 50810-95. «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация» [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026002> (дата обращения: 13.05.16).
5. ГОСТ 12.1.044-89. «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89> (дата обращения: 13.05.16).
6. СП 4.13130.2013. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 13.05.16).

References

1. Analiz i sovershenstvovanie normativnoj bazy, reglamentirujushhej pokazateli pozharnoj opasnosti stroitel'nyh materialov / V.V. Shumilin [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii – № 3 (16). – 2015. – S. 7 – 11.
2. O normirovanii pokazatelej pozharnoj opasnosti stroitel'nyh materialov / V.V. Shumilin [i dr.] // Sbornik statej po materialam VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy». Ch. 2. – Voronezh, 2015. – S. 132 – 135.
3. Tehnicheskij reglament o trebovanijah pozharnoj bezopasnosti : Feder. zakon ot 22.07.08 №123-FZ // Rossijskaja gazeta. – 2008. – №163.
4. GOST R 50810-95. «Pozharnaja bezopasnost' tekstil'nyh materialov. Tkani dekorativnye. Metod ispytaniya na vosplamenjaemost' i klassifikacija» [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026002> (data obrashhenija: 13.05.16).
5. GOST 12.1.044-89. «Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelej i metody ih opredelenija» [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89> (data obrashhenija: 13.05.16).
6. SP 4.13130.2013. Svod pravil. Sistemy protivopozharnoj zashhity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob'ektah zashhity. Trebovanija k ob'emno-planirovochnym i konstruktivnym reshenijam [Jelektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (data obrashhenija: 13.05.16).

RATIONING OF INDICATORS OF FIRE DANGER AND ADMISSIBILITY APPLICATIONS OF BUILDING, TEXTILE AND LEATHER MATERIALS

In article results of the analysis of the standard base regulating indicators of fire danger and an admissibility of application of building, textile and leathers materials are presented. For more accurate understanding of requirements of the fire safety shown to textile and leathers materials, it is offered to establish in standard documents an admissibility of application of the given materials depending on indicators of fire danger taking into account a kind of a material, its appointment, a scope, a class of functional fire danger of buildings.

Keywords: *fire danger, building materials, textile materials, leather materials.*

Шумилин Виктор Викторович,

*начальник кафедры,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
Россия, г. Воронеж.*

Shumilin V.V.,

*head of the department,
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;
Russia, Voronezh.*

Ненуженко Александр Максимович,

*технический директор ООО «Пожарный Эксперт»,
Россия, г. Воронеж.*

Nenuzhenko A.M.,

*technical director company «Pogarny expert»,
Russia, Voronezh.*

Бобрышев Алексей Алексеевич,

*старший преподаватель,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
Россия, г. Воронеж.*

Bobryshev A.A.,

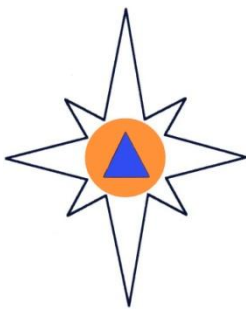
*s. teacher,
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;
Russia, Voronezh.*

Леденев Андрей Александрович,

*доцент, к.т.н.,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
Россия, г. Воронеж
e-mail: ledenoff@mail.ru.*

Ledenev A.A.,

*s. lecturer, Cand. Tech. Sci.,
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia;
Russia, Voronezh,
e-mail: ledenoff@mail.ru.*



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 630*935.4

К ВОПРОСУ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ВСЛЕДСТВИЕ САМОВОЗГОРАНИЯ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ

А.М. Зайцев, С.В. Губский

Анализируются причины и условия возникновения лесных пожаров. Главное внимание уделено условиям возникновения самовозгорания лесной подстилки в хвойных лесах, которое может произойти при определенных погодных условиях. Произведены соответствующие теплофизические расчеты. Рассмотрены конкретные примеры самовозгорания лесной подстилки в хвойных лесах Воронежской области в начале зимы и возможные причины самовозгорания хвойной подстилки в сибирских лесах в летний период.

Ключевые слова: пожарная безопасность, самовозгорание материалов, лесная подстилка, низовые пожары, тление, древесина, хвоя.

22% территории РФ покрыто лесами. Ежегодно в России регистрируется от 10 тыс. до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до 2,5 млн. га. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), всего с начала 1992 года по конец 2014 года в России произошло 589 тыс. 768 лесных пожаров.

По данным Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), в среднем размер ущерба от лесных пожаров в год составляет около 20 млрд руб., из них от 3 до 7 млрд – ущерб лесному хозяйству (потери древесины). Обычно возгорания лесов в России начинаются в апреле и длятся до октября.

При этом горят нижние части деревьев, трава, валежник, подлесок, выступающие корни. Скорость распространения низового пожара составляет 2,5-3,0 м/мин. К ним можно отнести и почвенные пожары, возникающие в местах нахождения торфа, древесного грунта и иного лесного горючего материала. Скорость распространения такого пожара – несколько метров в сутки. При этом выделяется большое количество дыма.

В июле-августе 2010 года на всей территории европейской части страны из-за малоподвижного антициклона установилась аномальная жара, рекордная за более чем 130-летнюю историю метеонаблюдений. Во многих регионах РФ температура воздуха приближалась к 40-градусной отметке или превысила этот показатель. Из-за экстремальной жары ухудшилась

экологическая обстановка, активизировались торфяные и лесные пожары: всего было зафиксировано 34 тыс. 812 очагов природных пожаров общей площадью около 2 млн га, в том числе более 1 тыс. торфяных. По данным МЧС России, всего от пожаров и вызванного ими смога пострадали 17 регионов, более 2,5 тыс. семей остались без крова, более 60 человек погибли в огне и от отравления продуктами горения. Общий ущерб был оценен в 85,5 млрд руб.

Пожары, нанося огромный экономический ущерб, оказывают негативное влияние на экологию пострадавших регионов. Крупные пожары влияют на изменение климата, загрязняя атмосферу. Так, по данным [1], летом 2010 года в европейской части России выброшено в атмосферу более 100 млн тонн углекислого газа, 300 млн тонн CO₂ поступило в атмосферу в результате ускоренного разложения поврежденной огнем биомассы, огромное количество взвешенных в воздухе, сажи, золы и других вредных веществ. Эмиссия углерода продолжается долгие годы после пожаров. В течение 20-30 лет вследствие разложения органического вещества в почве теряется до 20% почвенного углерода. В период пожаров в городах, например, в Москве, отмечалось увеличение показателя смертности населения по сравнению с аналогичными летними пожарами предыдущих лет на 15-20%. Вследствие загрязнения атмосферы продуктами горения, термического разложения, устоявшегося смога, например, в Москве, умерли

десятки тысяч жителей, как правило, люди с проблемами органов дыхания.

Осенью 2014 г. в Воронежских лесах горела подстилка – высохший слой сосновых возгорался при подаче кислорода. Такое природное явление наблюдалось под Нововоронежем и в окрестностях села Хреновое Бобровского района.

Основные причины возникновения пожаров в лесах имеют антропогенное происхождение, имеют место и природные причины, к которым можно отнести молнии, сухие грозы, вулканическую деятельность. Иногда пожары могут возникнуть от битого стекла (эффект линзы), также в литературе отмечаются случаи возникновения пожаров от метеоритов (например, Тунгусский метеорит). Пожары могут возникнуть по причине самовозгорания, например, торфа, древесины, угля и других полезных ископаемых, а также по причине самовозгорания лесной подстилки.

Данная работа посвящена причинам возникновения пожаров за счет самовозгорания лесной подстилки. Одной из причин выполнения данной работы послужило сообщение по Воронежскому телевидению о возникновении пожаров в сосновых лесах под Воронежем в начале зимы после выпадения первого снега. Работники телевидения отсняли документальный материал о возникновении пламени в лесной подстилке, покрытой снегом, при прохождении егеря на определенной территории, когда в результате прохождения человека снимался слой снега и возникало пламя.

На рис. 1-3. показаны фрагменты передачи, когда происходило возгорание лесной подстилки, после прохождения человека и освобождения подстилки от снежного покрова.

Нами была поставлена задачи определения причины возникновения открытого пламени, при возгорании лесной подстилки при разгребании снега ногами или руками.



Рис. 1-3. Фрагменты передачи, когда происходило возгорание лесной подстилки, после прохождения человека и освобождения подстилки от снежного покрова.

Прежде всего необходимо отметить, что погодные условия осенью не было много дождей и лесная подстилка, как и почва, была сухая. В результате наступившего похолодания выпал снег, который накрыл подстилку, как бы легким покрывалом, выполняющим функцию теплоизоляции и предотвращающим снос тепла с подстилки, в которой происходил процесс самонагревания.

Дело в том, что с точки зрения теплофизики многие органические материалы, при определенных условиях склонны к самовозгоранию. Можно привести многочисленные примеры из популярной и научной литературы о самовозгорании хлопка в тюках, угля на складах, отложившейся пыли на зернохранилищах, элеваторах, торфа на предприятиях по его использованию и в естественных условиях.

Представим, что в слое подстилки определенной толщины происходит процесс самонагревания и подъем температуры за счет экзотермической реакции. При окислении и разложении органического вещества происходит выделение энергии в результате экзотермической реакции (где избыток энергии при образовании

новых связей выделяется в виде тепла), из-за чего в подстилке повышается температура – вплоть до температуры самовозгорания.

На рис. 4 представлены возможные варианты нагрева подстилки до определенной температуры. При весьма умеренной скорости реакции (кривая 1) в материале не происходит существенных изменений и температура не достигает температуры ускорения реакции самонагревания. В этом случае при определенных условиях материал может вернуться в первоначальное состояние.

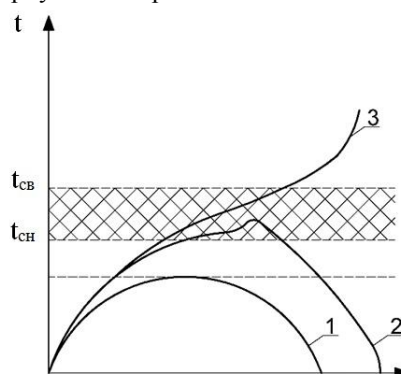


Рис. 4. Схема теплового самовозгорания.

Такая картина будет наблюдаться до тех пор, пока не будет достигнута некоторая начальная температура самонагрева $t_{сн}$, при которой начнутся экзотермические превращения в материале (разложение, окисление), ведущие к самонагреванию материала (кривая 2), в процессе которого возможны две ситуации [2]:

1) интенсивность самонагрева невелика, и материал после «исчерпания» способных окисляться компонентов охладится до первоначальной температуры (кривая 2);

2) в результате самонагрева будет достигнута температура самовозгорания $t_{св}$, начиная с которой произойдет спонтанный рост скорости реакции и температуры, что приводит к возникновению открытого горения (кривая 3). Эта температура называется критической температурой и определяется по уравнению (1) [3].

$$t_{кр} = t_0 + \frac{1}{\delta} \ln \frac{x_{кр}^2 \alpha C_y}{R^2 c q \delta u_0}, \quad (1)$$

где $x_{кр}$ – критериальный параметр развития очага самонагрева; α – коэффициент

температуропроводности, m^2/c ; C_y – удельная теплоемкость, $ккал/(кг \cdot град)$; R – толщина слоя подстилки, m ; c – концентрация кислорода в воздухе, соприкасающаяся с веществом; q – тепловой эффект окисления, $ккал/м^3$; δ – постоянная, $град^{-1}$; u_0 – соответствующие этой температуре начальные значения скорости сорбции.

При достижении определенной температуры и условий теплообмена с окружающей средой может произойти самовоспламенение лесной подстилки. Температурой самовоспламенения называется наименьшая температура вещества (или его оптимальной смеси с воздухом), при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению пламенного горения [3].

В табл. 1. представлены значения температуры самонагрева и самовозгорания некоторых материалов, близких по теплофизическим характеристикам к лесному опад [4].

Таблица 1

Температура самонагрева и самовозгорания некоторых материалов

Материал	$t_{сн}$	$t_{св}$
Торф (фрезерный)	70	225
Уголь бурый	50-65	150-250
Сено (влажность 7,5 %)	70	204
Силос (зеленые части растений)	70	265
Хлопок	60	205
Опилки сосновые	80	230 (влажность 30-40%)

Температуру самовозгорания лесной подстилки можно определить, исходя из [3], из следующих соображений.

Возможность самовозгорания материалов, нагретых до температур промежуточной области температуры самонагрева и температуры самовоспламенения, является потенциально опасной и рассчитывается с помощью системы следующих уравнений [3^{0*}]. Учитывая это, вычислим температуру самовозгорания и время

нагрева до возможного самовоспламенения по формулам (2), (3) соответственно:

$$lgt = A_p + n_p * lgs \quad (2)$$

$$lgt = A_e - n_e * lgt \quad (3)$$

где A_p, A_e, n_p, n_e – опытные константы, определяемые свойствами материала (см. табл. 2) [3]; S – удельная поверхность образца, m ; τ – время нагрева образца, $ч$.

Таблица 2

Значения констант для некоторых горючих материалов

	A_p	A_e	n_p	n_e
Опилки сосновые	1,855	2,296	0,219	0,096
Плита торфяная	1,760	2,271	0,248	0,117
Сено	2,103	2,311	0,109	0,058
Солома пшеничная	2,185	2,301	0,067	0,035

Примем, что в лесном опаде преобладают сосновые иголки. Поэтому произведем расчет вероятной температуры самовоспламенения пласта сосновых иголок. Примем, что размер пласта равен

0,5*0,5*0,2 м. Удельная поверхность окисления соснового пласта определяется по формуле (4):

$$S = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{0,2} \right) = 18 \text{ м} \quad (4)$$

На основании формулы (2) определяем минимальную температуру подстилки, при которой может произойти ее самовозгорание; для чего в формулу (2) подставляем значения полученной величины S , а также опытные константы из табл. 2. В результате получим следующее уравнение:

$$lgt = 1,855 + 0,219 * lg7 = 2,13$$

Решая полученное уравнение относительно t , получим, что температура самовозгорания сосновой подстилки составляет 135°C .

Зная величину температуры, при которой происходит самовозгорание, определим время от начала развития экзотермической реакции с выделением тепла до возможного момента времени самовозгорания по формуле (3).

Так же, как и в предыдущем случае, решение уравнения (3) можно получить в графическом виде. В результате получим:

$$lg135 = 2,296 - 0,096 * lgt$$

$$lgt = 1,72; \tau = 53 \text{ ч}$$

Таким образом, в результате расчета мы получили температуру самовоспламенения хвойной подстилки, равную 135°C , и время достижения от температуры самонагревания до температуры

самовозгорания (в идеальных условиях, когда отсутствует снос тела потоками воздуха) составляет $\tau = 53 \text{ ч}$.

Необходимо отметить, что процесс самонагревания подстилки до температуры самовоспламенения может затянуться на гораздо более длительное время, поскольку в процессе нагревания происходит значительный съем тепла на поверхности подстилки, за счет конвекции воздушного потока, что не позволяет достигнуть температуры самовоспламенения. При выпадении снега потеря тепла в атмосферу прекратилась, и процесс самонагревания до критической температуры увеличился.

Так снежный покров или же свежий еловый опад создают хорошие условия для аккумуляции тепла: чем меньше рассеивается тепло, тем при более низких температурах начинается процесс самовозгорания. Увеличение толщины подстилки повышает вероятность его самовозгорания.

Выпавший снег представляет собой «снежное покрывало» с очень высокими теплозащитными свойствами (см. табл. 3). Теплоемкость снега (c) очень мала и составляет $2,093 \text{ кДж/кг} * \text{град}$ [5] (см. рис. 5).

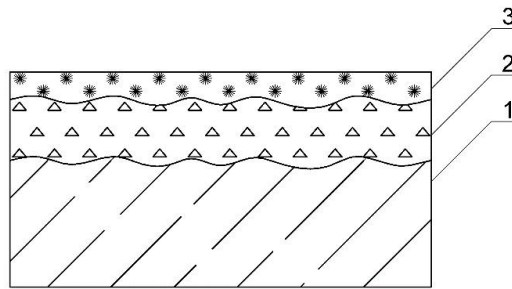


Рис. 5. Схема лесной подстилки с выпавшим снегом.

1 – грунт (супесь); 2 – сосновый опад, в котором происходит процесс самовозгорания; 3 – выпавший снег.

Теплозащитные свойства снежного покрова определяются величиной его термического сопротивления R_s , равного отношению высоты снежного покрова h_s к коэффициенту эффективной теплопроводности снега λ_s , который зависит от плотности, структуры и температуры снега [6]:

$$R_s = \frac{h_s}{\lambda_s} \quad (5)$$

Согласно данным Воронежского Гидрометцентра 2014 г., высота снежного покрова на 29 ноября составила 5 см [12], а температура воздуха 2 декабря, когда было зафиксировано данное явление, составила -5°C [13].

Температура грунта и воздуха перед выпадением снега была положительная, с наступлением холодов температура грунта оставалась положительной под слоем лесной подстилки и снежным покрывалом.

Проведя интерполяцию по табл. 3, определим плотность снега и коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_s = 0,1247 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К}),$$

$$\rho = 162,5 \text{ кг}/\text{м}^3 \text{ при } -5^{\circ}\text{C} [5]$$

$$R_s = \frac{h_s}{\lambda_s} = \frac{0,05}{0,1247} = 0,4 \frac{\text{м}^2 * \text{К}}{\text{Вт}}$$

При тлении и последующем горении органического вещества выделяется теплота, называемая теплотой сгорания. Используя уравнение Д.И. Менделеева, определим низшую теплоту сгорания по формуле (6) [10]:

$$Q_H^P = 339C^P + 1030H^P - 109(O^P - S^P) - 25W^P, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6)$$

Теплота сгорания – это количество выделившейся теплоты при полном сгорании массовой единицы вещества, определяется химическим составом горючего вещества, химические элементы в котором обозначаются принятыми символами С, Н, О, N, S, а зола и вода – символами А и W соответственно. В состав горючего вещества сосновой подстилки входит [7]:

горючая часть: С = 35 %, Н = 6,5 %, N = 1 %, О = 41,63 %, S = 0,05 % [8];

балласт: W = 14,36 % [7], А = 1,46 % [9].

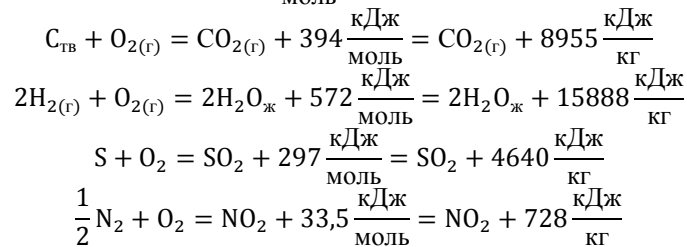
$$Q_H^P = 339 * 35 + 1030 * 6,5 - 109(41,63 - 0,05) - 25 * 14,36 = 22733 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Влажность оказывает значительное воздействие на величину низшей теплоты сгорания, так как испарение воды требует затрат энергии. Органические вещества являются термически нестойкими, и при повышении температуры начинают разлагаться с выходом из них горючих и негорючих газов [8].

Т.к. защитное покрытие препятствует теплосъему, примем, что сосновая подстилка

достигла температуры самовозгорания, и рассчитаем для нее термохимическое уравнение. Т.к. лесная подстилка содержит в своей структуре несколько химических элементов, то уравнение теплового эффекта запишем для каждой реакции отдельно. Для перевода значения энтальпии горения из кДж/моль в кДж/кг воспользуемся формулой (7), молярную массу веществ определим по [14]:

$$Q = \frac{1000 * \left| \Delta H_{\text{МОЛЬ}}^{\text{кДж}} \right|}{M_{\text{МОЛЬ}}^{\text{г}}}, \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right] \quad (7)$$



Суммируя расчетные значения тепла, получим, что при тлении лесной подстилки выделяется 30211 кДж/кг теплоты на килограмм органического вещества. А низшая температура сгорания лесной подстилки составляет 22733 кДж/кг, т.е. выделяющейся при самонагревании энергии достаточно для самовоспламенения подстилки.

Однако для воспламенения и последующего горения необходимо поступление кислорода. Поэтому когда лесник, шагая по лесу и не задумываясь, разгребал ногами снег, открыл доступ кислорода к тлеющей подстилке, то, естественно, произошло возгорание.

Это явление впоследствии лесник повторил в присутствии работников телевидения, что и было зафиксировано телевизионной камерой [15]. Данный материал может служить демонстрационным не только для лесников, специалистов, занимающихся надзорной деятельностью по линии пожарной безопасности, а также для научных работников, исследующих процессы самовозгорания органических и ископаемых материалов при различных климатических воздействиях.

Приведенное выше исследование можно распространить и на сибирские леса, в которых подстилка может самовозгораться и в летний период при определенных климатических условиях (рис. 6).



Рис. 6. Самовозгорание лесной подстилки под слоем свежего елового опада.

На рис. 7 представлена схема возможного возгорания подстилки в летний период. В этом случае роль защитного покрывала (барьера для теплосъема) могут выполнять свежие опавшие иголки, листья, кора и прочий опад.

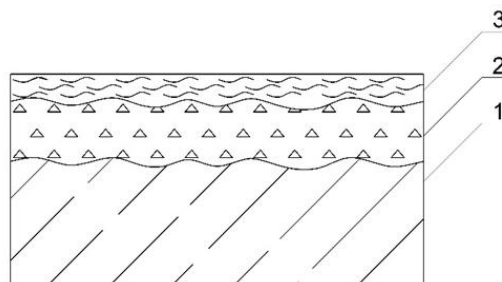


Рис. 7. Схема лесной подстилки с свежим опадом. 1 – грунт (супесь); 2 – сосновый опад, в котором происходит процесс самовозгорания; 3 – теплоизоляционный свежий опад.

Удельная теплоемкость опада определяется по выражению (8) [10]:

$$c = 0,374 + 0,00066 * t, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} * \text{град}} \quad (8)$$

В пределах изменения температуры от 0 до 100° удельная теплоемкость абсолютно сухой подстилки равна от 1,56 до 1,84 кДж/кг*град и в среднем равна 1,67 кДж/кг*град. При увлажнении теплоемкость опада увеличивается, так как удельная теплоемкость воды (4,18 кДж/кг*град) больше теплоемкости абсолютно сухой подстилки. При положительной температуре (выше 0°С) влияние влажности сказывается в большей мере, чем при отрицательной температуре. Например, увеличение влажности с 10 до 100% при температуре + 20° приводит к повышению теплоемкости на 70%. Значение теплоемкости подстилки при разной температуре и влажности можно определить, используя [10].

С увеличением плотности теплопроводность подстилки возрастает. Так как теплопроводность воды при одинаковой температуре в 23 раза меньше теплопроводности воздуха, теплопроводность подстилки в сильной мере зависит от влажности, увеличиваясь, с ее возрастанием. С увеличением температуры теплопроводность подстилки возрастает, причем это увеличение в большей мере выражено у влажной подстилки.

Под действием солнечных лучей влажность свежего опада уменьшается, соответственно, уменьшается ее влияние на скорость экзотермической реакции, температура свежего опада так же повышается и при легком дуновении ветра возникает открытое пламенное горение, вследствие поступления достаточного количества кислорода.

Библиографический список

1. Смирнов А.П. Лесные пожары–2010: причины и следствия. / А.П. Смирнов // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – №11. – С. 13-16.
2. Баратов А.Н., Пожарная безопасность. Учебное пособие / А.Н. Баратов, В.А. Пчелинцев – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 144 с.
3. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник / Под. ред. И. В. Рябова. – М.: «Химия», 1970. – 321 с.
4. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко – М. – 713 с.
5. Чубкин И.А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И.А. Чубкин, А.М. Маслов. – М., 1970. – 205 с.
6. Осокин Н.И. К оценке влияния изменчивости характеристик снежного покрова на промерзание грунтов / Н.И. Осокин, Р.С. Самойлов, А.В. Сосновский // Криосфера Земли. – 1999. – Т. III. – № 1. – С. 3–10.
7. Карауш С.А. Расчет параметров процессов горения: учебное пособие / С.А. Карауш. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – 120 с.
8. John Vos BTG Biomass Technology Group BV c/o University of Twente P.O. Box 217 7500 AE Enschede The

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что одной из важных причин возникновения пожаров в лесах (особенно хвойных), является самовозгорание лесной подстилки, протекающей в двух стадиях самонагревания: одна связана с жизнедеятельностью термофильных бактерий, а вторая является результатом начавшегося процесса саморазложения вещества.

Самонагревание скоплений лесной подстилки при температурах до 70-75°С [11] происходит преимущественно в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а также окисления легко окисляющихся продуктов их жизнедеятельности и восстановленных веществ, которые накапливаются в анаэробных условиях. При температуре, превышающей 75°С, торф в течение нескольких дней превращается в полукокк (способ переработки твердых топлив нагреванием без доступа воздуха до 500—550 °С), способный энергично взаимодействовать с кислородом воздуха. Поэтому дальнейшее повышение температуры лесной подстилки происходит преимущественно в результате его окисления кислородом и приводит к самовозгоранию.

Показано, что процесс самовозгорания, может произойти при определенных климатических условиях, при наличии сочетания таких факторов как толщина подстилки, влажность, температура и влажность грунта, толщина и влажность свежеснежного опада, выполняющего роль теплозащиты, толщина свежеснежного снега, температура и скорость воздуха, значение теплового потока от солнечного излучения.

В работе также использовались материалы следующих исследований [16-28].

References

1. Smirnov A.P. Lesnye požary–2010: prichiny i sledstvija. / A.P. Smirnov // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. – 2013. – №11. – С. 13-16.
2. Baratov A.N., Pozharnaja bezopasnost'. Uchebnoe posobie / A.N. Baratov, V.A. Pchelincev – M.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006. – 144 s.
3. Pozharnaja opasnost' veshhestv i materialov, primenjaemyh v himicheskoj promyshlennosti. Spravochnik / Pod. red. I. V. Rjabova. – M.: «Himija», 1970. – 321 s.
4. Korol'chenko A.Ja. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ih tusheniya. Spravochnik: v 2-h ch. / A.Ja. Korol'chenko, D.A. Korol'chenko – M. – 713 s.
5. Chubkin I.A. Spravochnik po teplofizicheskim harakteristikam pishhevyyh produktov i polufabrikatov / I.A. Chubkin, A.M. Maslov. – M., 1970. – 205 s.
6. Osokin N.I. K ocenke vlijaniya izmenchivosti harakteristik snezhnogo pokrova na promerzanie gruntov / N.I. Osokin, R.S. Samojlov, A.V. Sosnovskij // Kriosfera Zemli. – 1999. – T. III. – № 1. – С. 3–10.
7. Karaush S.A. Raschet parametrov processov goreniya: uchebnoe posobie / S.A. Karaush. – Tomsk : Izd-vo Tom. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2015. – 120 s.
8. John Vos BTG Biomass Technology Group BV c/o University of Twente P.O. Box 217 7500 AE Enschede The

Netherlands

9. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности. Справочник / Под. ред. И. В. Рябова. – М.: «Химия», 1970.

10. Большая советская энциклопедия : в 30 т. – М. : Сов. энцикл., 1969-1978. – Т. 30.

11. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли / А.Я. Корольченко. – М.: «Химия», 1986. – 216 с.

12. Воронеж – климатические итоги осени / Gismeteo – прогноз погоды [Электронный ресурс]. – Электрон. катал. – 2016. – Режим доступа. – <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/12664-voronezh-mdash-klimaticheskie-itogi-oseni/>

13. Дневник погоды в Воронеже за Декабрь 2014 г. / Gismeteo – прогноз погоды [Электронный ресурс]. – Электрон. катал. – 2016. – Режим доступа. – <https://www.gismeteo.ru/diary/5026/2014/12/>

14. Молярная масса / Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Электрон. катал. – 2016. – Режим доступа. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Молярная_масса

15. Лесники озадачены природным явлением: лесная подстилка горит под снегом / ГТРК "Воронеж" [Электронный ресурс]. – Электрон. катал. – 2016. – Режим доступа. – <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2171191&cid=17>.

16. Зайцев А.М. Метод расчета прогрева многослойных конструкций путем приведения их к однослойной пластине на основе модифицированного уравнения нестационарной теплопроводности Фурье / А.М. Зайцев // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т. 15. – № 3. – С. 55-61.

17. Худиковский В.Л. Прогрев железобетонных конструкций при пожаре / В.Л. Худиковский, А.М. Зайцев // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – №3. – С. 188-191.

18. Зайцев А.М. Метод расчета огнестойкости теплоизолированных металлических конструкций / А.М. Зайцев, Г.Н. Крикунов, А.И. Яковлев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 1980. – № 2. – С. 20-23.

19. Зайцев А.М. Определение коэффициента теплоотдачи в строительные конструкции при стандартном пожаре / А.М. Зайцев, В.А. Болгов, Д.С. Черных // Гелиогеофизические исследования. – 2014. – № 9(9). – С. 49-53.

20. Зайцев А.М. Методика расчета предела огнестойкости ограждающих конструкций при различных температурных режимах реальных пожаров / А.М. Зайцев, В.С. Муштенко // Наука и инновации в строительстве SIB-2008: Материалы Международного конгресса. – М., 2008. – С. 149-154.

21. Зайцев А.М. Особенности учета начальной стадии пожара при расчете прогрева строительных конструкций / А.М. Зайцев, В.А. Болгов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 2(15). – С. 7-14.

22. Зайцев А.М. Огнестойкость и огнезащита строительных конструкций / А.М. Зайцев, М.Д. Грошев. – Воронеж, 2016.

23. Зайцев А.М. К расчету времени подогрева стальных конструкций при пожарах до критических температур / А.М. Зайцев, В.А. Болгов // Комплексные проблем техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 195-201.

24. Крикунов Г.Н. О критических размерах скопления самовозгорающихся материалов / Г.Н. Крикунов, А.М. Зайцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1977. – № 8. – С. 45-49.

25. Губский С.В. Причины самовозгорания лесной подстилки в зимний период времени / С.В. Губский, А.М. Зайцев

Netherlands

9. Pozharnaja opasnost' veshhestv i materialov, primenjaemyh v himicheskoj promyshlennosti. Spravochnik / Pod. red. I. V. Rjabova. – М.: «Химия», 1970.

10. Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija : v 30 t. – М. : Sov. jencikl., 1969-1978. – Т. 30.

11. Korol'chenko A.Ja. Pozharovzryvoopasnost' promyshlennoj pyli / A.Ja. Korol'chenko. – М.: «Химия», 1986. – 216 s.

12. Voronezh – klimaticheskie itogi oseni / Gismeteo – prognoz pogody [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. katal. – 2016. – Rezhim dostupa. – <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/12664-voronezh-mdash-klimaticheskie-itogi-oseni/>

13. Dnevnik pogody v Voronezhe za Dekabr' 2014 g. / Gismeteo – prognoz pogody [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. katal. – 2016. – Rezhim dostupa. – <https://www.gismeteo.ru/diary/5026/2014/12/>

14. Moljarnaja massa / Vikipedija – svobodnaja jenciklopedija [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. katal. – 2016. – Rezhim dostupa. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Moljarnaja_massa

15. Lesniki ozadacheny prirodnyim javleniem: lesnaja podstilka gorit pod snegom / GTRK "Voronezh" [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. katal. – 2016. – Rezhim dostupa. – <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2171191&cid=17>.

16. Zajcev A.M. Metod rascheta progreva mnogoslujnyh konstrukcij putem privedenija ih k odnoslojnoj plastine na osnove modifitsirovannogo uravnenija nestacionarnoj teploprovodnosti Fur'e / A.M. Zajcev // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2006. – Т. 15. – № 3. – С. 55-61.

17. Hudikovskij V.L. Progreva zhelezobetonnyh konstrukcij pri pozhare / V.L. Hudilovskij, A.M. Zajcev // Nauchnyj vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008. – №3. – С. 188-191.

18. Zajcev A.M. Metod rascheta ognestojkosti teploizolirovannyh metallicheskih konstrukcij / A.M. Zajcev, G.N. Krikanov, A.I. Jakovlev // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. – 1980. – № 2. – С. 20-23.

19. Zajcev A.M. Opredelenie koefficienta teplootdachi v stroitel'nye konstrukcii pri standartnom pozhare / A.M. Zajcev, V.A. Bolgov, D.S. Chernyh // Geliogeofizicheskie issledovanija. – 2014. – № 9(9). – С. 49-53.

20. Zajcev A.M. Metodika rascheta predela ognestojkosti ograzhdajushhih konstrukcij pri razlichnyh temperaturnyh rezhimah real'nyh pozharov / A.M. Zajcev, V.S. Mushtenko // Nauka i innovacii v stroitel'stve SIB-2008: Materialy Mezhdunarodnogo kongressa. – М., 2008. – С. 149-154.

21. Zajcev A.M. Osobennosti ucheta nachal'noj stadii pozhara pri raschete progreva stroitel'nyh konstrukcij / A.M. Zajcev, V.A. Bolgov // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2015. – № 2(15). – С. 7-14.

22. Zajcev A.M. Ognestojkost' i ogneshchita stroitel'nyh konstrukcij / A.M. Zajcev, M.D. Groshev. – Voronezh, 2016.

23. Zajcev A.M. K raschetu vremeni podogreva stal'nyh konstrukcij pri pozharah do kriticheskikh temperatur / A.M. Zajcev, V.A. Bolgov // Kompleksnye problem tehnosfernoj bezopasnosti: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Voronezh, 2016. – С. 195-201.

24. Krikanov G.N. O kriticheskikh razmerah skoplenij samovozgorajushhihsja materialov / G.N. Krikanov, A.M. Zajcev // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. – 1977. – № 8. – С. 45-49.

25. Gubskij S.V. Prichiny samovozgoranija lesnoj

// Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. – 2016. – № 9. – С. 133-138.

26. Зайцев А.М.. Определение коэффициента теплоотдачи для решения задач прогрева строительных конструкций при граничных условиях второго рода / А.М. Зайцев, В.А. Болгов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Воронеж, 2014. – С. 207-217.

27. Седнев В.А. Защита населенных пунктов от крупномасштабных лесных пожаров / В.А. Седнев, Н.В. Тетерина // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 2. – С. 14-18.

28. Корнилов А.А. Риск воздействия лесного пожара на населенный пункт / Корнилов А.А., Гапоненко Л.Б., Голубев А.В. // Техносферная безопасность. – 2016. – № 2 (11). – С. 66-74.

podstilki v zimnij period vremeni / S.V. Gubskij, A.M. Zajcev // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Student i nauka. – 2016. – № 9. – С. 133-138.

26. Zajcev A.M.. Opredelenie koeficienta teplootdachi dlja reshenija zadach progreva stroitel'nyh konstrukcij pri granichnyh uslovijah vtorogo roda / A.M. Zajcev, V.A. Bolgov // Problemy obespechenija bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – Voronezh, 2014. – С. 207-217.

27. Sednev V.A. Zashhita naseleennyh punktov ot krupnomasshtabnyh lesnyh pozharov / V.A. Sednev, N.V. Teterina // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija. – 2016. – № 2. – С. 14-18.

28. Kornilov A.A. Risk vozdeystvija lesnogo pozhara na naseleennyj punkt / Kornilov A.A., Gaponenko L.B., Golubev A.V. // Tehnosfernaja bezopasnost'. – 2016. – № 2 (11). – С. 66-74.

TO THE QUESTION OF EMERGENCE OF FOREST FIRES THROUGH SELF-IGNITION OF FOREST UNDERLAY

It is noted that forest fires cause huge economic damage to the state, pollute the environment and adversely affect the health of the population. The paper analyzes the causes and circumstances of fires in the forests. The main attention is paid to the conditions of the emergence of self-ignition of the forest underlay in coniferous forests, which can occur under certain weather conditions. The appropriate thermophysical calculations have been done. There also have been examined the specific examples of self-ignition of the forest underlay in coniferous forests near Voronezh in the beginning of winter and the possible causes of self-ignition of coniferous underlay in the forests of Siberia in the summer period.

Key words: fire safety, spontaneous combustion of materials, forest underlay, ground fires, decay, wood, needles.

Зайцев Александр Михайлович,

проф. к.т.н.,

Воронежский государственный технический университет,

Россия, Воронеж.

zaitsev856@yandex.ru

Zaytsev A.M.,

Prof., Cand. Tech. Sci.,

Voronezh State Technical University,

Russia, Voronezh.

Губский Сергей Владимирович,

студент,

Воронежский государственный технический университет,

Россия, Воронеж,

gubskiy.sergey@yandex.ru

Gubskiy S.V.,

student,

Voronezh State Technical University,

Russia, Voronezh.

АНАЛИЗ ПОЖАРОВ В ЛЕСНОМ КВАРТАЛЕ

П.М. Мазуркин

В статье проанализированы данные и тренды взаимного влияния параметров и производных показателей. Показаны рейтинги между связями и сильно пораженными кварталами по сумме коэффициентов корреляции, по которым можно судить об уровне значимости параметров и производных показателей.

Ключевые слова: лесной квартал, шкала времени, тренды, пожарная служба, качество работы, качество лесной среды.

Введение. За множество точек мониторинга в виде очагов возгорания принимают лесные кварталы, за многолетний период подверженные множеству лесных пожаров. При этом каждый сильно пораженный пожарами лесной квартал с множеством пожаров принимают за обособленный объект физико-математического анализа. Из книги учета лесных пожаров на территории лесного предприятия за многолетний период выписывают значения параметров всех лесных пожаров, происшедших на одном и том же сильно пораженном пожарами лесном квартале. Затем определяют общую шкалу времени с начала регистрации лесных пожаров на предприятии и дополнительные, производные от основных параметров лесных пожаров показатели.

Каждый сильно пораженный пожарами лесной квартал с множеством пожаров принимают за обособленный объект физико-математического анализа при количестве лесных пожаров более пяти, происшедших за многолетний период. При этом требование принятия не менее 6 лесных пожаров заставляет увеличивать период измерений до 30 и более лет. Шесть точек, при отсутствии хотя бы по нескольким параметрам лесных пожаров одной точки, оставляют для статистического моделирования всего 4-5 точек. Это – минимальное условие по математическому анализу, поэтому для физического анализа приходится увеличивать количество лесных пожаров на лесном квартале в минимальном случае до 6, а время измерений принимать более 30 лет.

Статистическим моделированием выявляют тренды взаимного влияния между параметрами и производными показателями всех лесных пожаров на каждом сильно пораженном пожарами лесном квартале. Затем по тесноте связи между параметрами и производными показателями каждого сильно пораженного пожарами лесного квартала, по коэффициенту корреляции судят о качестве функционирования той пожарной службы лесного предприятия, на территории мониторинга которой находится тот или иной сильно пораженный пожарами лесной квартал.

Затем определяют рейтинги между математическими связями и самими сильно пораженными пожарами лесными кварталами по

сумме коэффициентов корреляции, при этом по максимальным значениям и убыванию сумм коэффициента корреляции судят об уровне значимости параметров и производных показателей, а по местам рейтинга сильно пораженных пожарами лесных кварталов судят о качестве функционирования лесной среды в разных функциональных зонах лесного предприятия.

Положительный эффект достигается тем, что результаты физико-математического анализа лесных кварталов, пораженных за многолетний период более пятью лесными пожарами, позволит ежегодно оценивать качество работы пожарной службы лесничества и всего лесного предприятия. Для этого нужно выделить сильно пораженные лесными пожарами лесные кварталы и по ежегодным записям в книге учета лесных пожаров дополнять статистические данные параметрами новых лесных пожаров. Затем измененную статистическую выборку повторно идентифицировать общей формулой.

Итерация моделирования [1-7] выполняется после каждой новой записи о пожаре на сильно пораженном пожарами лесном квартале. Влияние закономерностей на оценку качества работы пожарной службы заставит повысить точность измерений времени (например, от часов перейти к минутам, а площадь замерять вместо га в ар и т.д.) и других параметров лесных пожаров.

Положительный эффект достигается ещё и тем, что на будущее появляется практическая возможность изучения поведения самих лесных кварталов как пространственно зарегулированной территории с многими выделами, то есть биологическими объектами в виде популяций деревьев одной или нескольких видов.

Например, в зоне экстенсивного рекреационного использования лесные пожары располагаются закономерно во времени на квартале. С дальнейшим ухудшением экологических условий добавляется сильное антропогенное воздействие. Из-за этого лесные кварталы с зоны Ф34 (зона интенсивного рекреационного использования) в рейтинге занимают последние места.

Но с переходом от Ф34 к Ф35 (зона хозяйственного назначения) антропогенное влияние такое сильное, что лесные земельные участки

превращаются, как и в сельском хозяйстве, в сильно измененные человеком объекты. Они становятся почти техническими объектами, на которых уже преобладают законы поведения людей, а законы поведения популяций лесных деревьев сильно подавлены.

Новизна технического решения заключается в том, что впервые сильно пораженные пожарами лесные кварталы, с пятью и более лесными пожарами за 30 лет, приняты за объекты физико-математического анализа. Такое обособление открывает новые горизонты в научных исследованиях, причем не только в изучении поведения персонала лесного предприятия в тушении лесных пожаров, но и в изучении многолетнего поведения выделов на одном сильно пораженном пожарами квартале.

Государственный природный Национальный парк «Марий Чодра» организован 1 декабря 1985 года. Парк находится на юго-востоке республики, в трех районах – Моркинском, Звениговском, Волжском – в 20-40 км от г. Волжска и 50-70 км от столицы Республики Марий Эл г. Йошкар-Олы.

Регистрация пожаров. Книга учета лесных пожаров ФГБУ «Национальный парк «Марий Чодра» представляет журнал, в котором составитель акта о пожаре (старший инженер ОЗЛ, начальник ПХС, лесничий, помощник лесничего, мастер леса) парка или лесничества, где произошло возгорание, записывает все известные ему данные о возгорании.

Территория национального парка «Марий Чодра» разделяется на лесничества и следующие функциональные зоны: Ф31 – зона заповедного режима; Ф32 – зона особо охраняемая; Ф33 – зона экстенсивного рекреационного использования; Ф34 – зона интенсивного рекреационного использования; Ф35 – зона хозяйственного назначения.

В таблице 1 приведены данные о наиболее пораженных лесными пожарами (не менее шести) лесных кварталов с 1982 по 2011 гг. за период в 30 лет в целом по национальному парку (с разбивкой по функциональным зонам и лесничествам национального парка).

Всего выявлены 8 сильно пораженных лесных кварталов, по которым были собраны статистические данные динамики лесных пожаров и параметров лесных пожаров.

При этом расстояние от населенного пункта до центра лесного квартала остается постоянным. Поэтому каждый сильно пораженный квартал получает за 30 лет воздействие пожарами от 6 до 11 раз.

Условные обозначения и расчетные формулы. Для дальнейшего анализа приняты следующие условные обозначения и расчетные формулы: $\tau_{об}$ – момент времени обнаружения пожара (рис. 1);

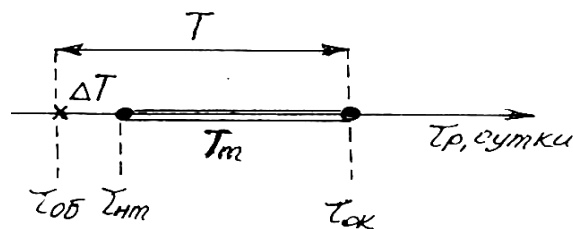


Рис. 1. Схема измерения параметров лесного пожара. τ_{nm} – начало тушения лесного пожара (рис. 1); $\tau_{ок}$ – окончание тушения лесного пожара (рис. 1); τ_p – время регистрации пожара или шкала времени, с $\tau_p = 0$ для даты 01.08.1982 при регистрации в журнале учета лесных пожаров, начиная с первого учетного пожара, сутки (рис. 1 и рис. 2);

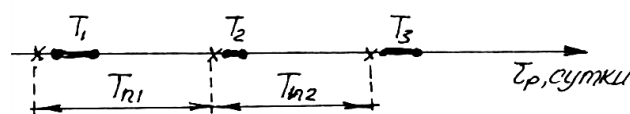


Рис. 2. Схема распределения трех пожаров на шкале времени регистрации

T_n – период между пожарами (на фиг. 2 даны периоды T_{n1} и T_{n2}), сутки; T – период пожара (фиг. 1, а на фиг. 2 показаны T_1 , T_2 и T_3), ч: причем период пожара определяется по простой формуле $T = \tau_{ок} - \tau_{об}$; T_m – период тушения пожара (непосредственная пожарная работа), ч: $T_m = \tau_{ок} - \tau_{nm}$; ΔT – период свободного горения до обнаружения лесного пожара, ч: $\Delta T = T - T_m$; η – оперативность тушения (коэффициент полезного действия пожарной службы лесничества), %: $\eta = 100T_m / T$; \mathcal{G} – удельный период пожара или скважность каждого пожара при повторении на данном лесном квартале, %: $\mathcal{G} = 100T / T_n$; ζ – доля покоя между пожарами (за это время пожарище на лесном квартале может биологически измениться, образуя новую лесную среду), %: $\zeta = 100(T_n - T) / T_n$; S – площадь пожара (по данным из книги учета пожаров), ар; $T_{изм}$ – общий период измерений, причем $T_{изм} = \sum T_n$.

В общем случае не волновая модель (например, тренд или тенденция) содержит сумму двух биотехнических законов и получает вид уравнения

$$y_m = y_{m1} + y_{m2} \quad (1)$$

$$y_{m1} = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4}), \quad y_{m2} = a_5 x^{a_6} \exp(-a_7 x^{a_8}),$$

где y_m – тренд (тенденция), x – объясняющая переменная, $a_1 \dots a_8$ – параметры обобщенной модели (1), определяемые по идентификации данных из книги учета лесных пожаров.

При этом каждый параметр модели (1) имеет физический смысл.

Далее рассмотрим каждый пораженный лесной квартал. Для математического анализа оставлены только сильные биотехнические закономерности с коэффициентом корреляции не менее 0,7.

Квартал 27 Яльчинского лесничества ФЗЗ.
 В таблице 1 приведены исходные данные, которые имеются в журнале учета лесных пожаров национального парка «Марий Чодра». Если измерения отсутствуют, то поставлены черточки. Здесь время дано в часах и минутах.

Таблица 1

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 27

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
27.07.1992	15:10	15:30	10:00
17.08.1992	23:30	24:00	17:30
20.05.1993	20:45	21:30	2:00
16.06.1993	18:00	18:10	19:00
16.06.1993	18:00	18:15	19:00
28.07.1993	-	18:00	19:40
03.05.1994	-	16:25	18:30
06.05.1994	-	13:50	14:30
22.05.1994	16:05	16:20	19:00

В таблице 2 даны значения показателей по каждому лесному пожару, хронологически происшедшего с 01.08.1982. Время регистрации показывает эволюцию лесного квартала по

совокупности лесных пожаров. Полнота исходных данных, как отношение строк без прочерков к общему количеству строк таблицы 1, составляет $100 \times 6 / 9 = 66,67\%$.

Таблица 2

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 27

Время регистрации пожара τ_p , сутки	Период между пожарами T_n , сутки	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
3648	-	18,83	18,50	0,33	98,25	-	-	50
3669	21	18,00	17,50	0,50	97,22	85,71	14,29	3
3946	277	5,25	4,50	0,35	85,71	1,90	98,10	34
3973	27	1,00	0,83	0,17	83,00	3,70	96,30	0,5
3973	0	1,00	0,75	0,25	75,00	-	-	0,5
4015	42	-	1,67	-	-	-	-	1
4263	248	-	2,08	-	-	-	-	10
4266	3	-	0,67	-	-	-	-	3
4282	16	2,92	2,67	0,25	91,44	18,25	81,75	20
Сумма	634	-	49,17	-	-	-	-	122,00

Общий период измерений $T_{изм}$ с 27.07.1992 по 22.05.1994 равен всего $4282 - 3648 = 634$ суток. За такой короткий срок меньше двух лет на лесном квартале 27 произошло 9 лесных пожаров.

Период пожара на оперативность тушения определяется формулой

$$\eta = 77,30308 \exp(0,012735T) + 6,36117T^{6,51805} \exp(-2,19802T) \quad (2)$$

На рисунке 3 показан график (2), который показывает, что с ростом периода пожара возрастает оперативность тушения, то есть персонал пожарной службы лесничества начинает активизироваться с большей интенсивностью. Первая составляющая тренда является законом экспоненциального роста.

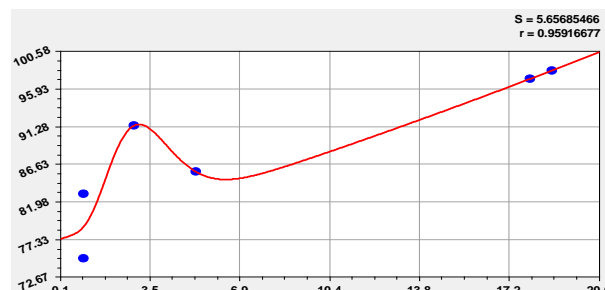


Рис. 3. График влияния периода лесного пожара на оперативность тушения на квартале 27.

Персонал Яльчинского лесничества ориентирован на стрессовое возбуждение (вторая составляющая тренда по биотехническому закону), когда период пожара изменяется от одного до семи часов.

На рисунке 4 даны графики по остальным шести факторным связям.

Период пожара на период свободного горения дается формулой

$$\Delta T = 0,27136 \exp(-0,40252T) + 0,034528T^{-1,85016} \exp(-0,15892T) \quad (3)$$

Факторная связь определяется по формуле аналогичной конструкции, но первый член тренда соответствует закону экспоненциальной гибели (закон Лапласа в математике, Мандельброта в физике, Ципфа в биологии и Парето в экономике).

Период свободного горения – это промежуток времени, который протекает от начала возгорания до начала тушения. На схеме фиг. 1 момент времени обнаружения лесного пожара и момент регистрации лесного пожара совмещены.

Фактически, конечно же, от момента возгорания до момента обнаружения (затем регистрации по времени обнаружения) проходит иногда достаточно большое время. Поэтому неучтенная разница между моментами возникновения лесного пожара и его обнаружения становится ошибкой измерения.

Первый член уравнения (9) показывает относительное снижение периода свободного горения в зависимости от роста периода пожара. Но человеческое поведение характеризуется вторым членом уравнения (9), когда максимальный период

свободного горения наблюдается для этого лесного квартала при периоде пожара 10-12 часов.

Период пожара на период тушения для всех отобранных восьми лесных кварталов определяется законом показательного роста.

Для лесного квартала по формуле 27 была получена формула

$$T_m = 0,77916T^{1,07775} \quad (4)$$

Эта математическая функция характеризует качество работы пожарной службы относительно данного лесного квартала.

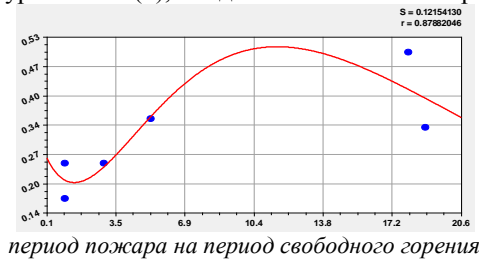
Поэтому каждый лесной квартал, хотя и является производением человека, но включает в себя несколько лесных выделов, которые, в свою очередь, являются сообществом деревьев каких-то пород или их смесей.

Поэтому лесной квартал – это некое искусственно оформленное растительное сообщество. Природа не делит леса на кварталы, а делит только на выделы. Поэтому и лесные пожары надо бы относить точно к соответствующим лесным выделам.

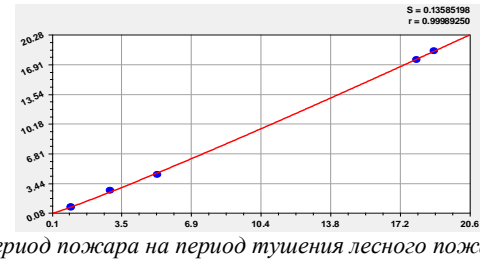
Период свободного горения на период пожара влияет по закону экспоненциального роста

$$T = 9,85366 \cdot 10^{-23} \exp(55,00722\Delta T^{0,037051}) \quad (5)$$

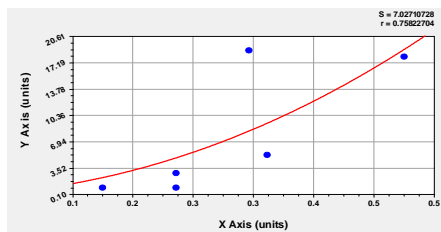
Как видно из графика на рисунке 4, чем больше лесной участок горит до начала тушения, тем больше и период самого лесного пожара.



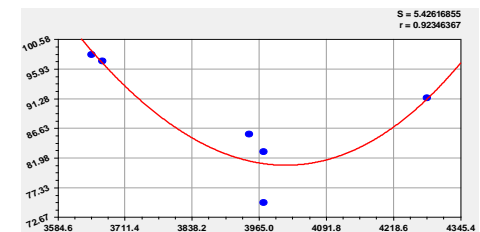
период пожара на период свободного горения



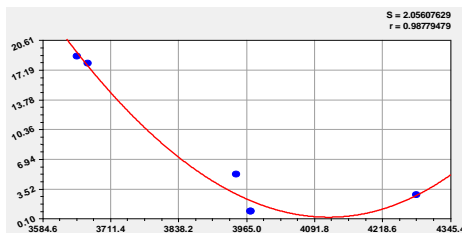
период пожара на период тушения лесного пожара



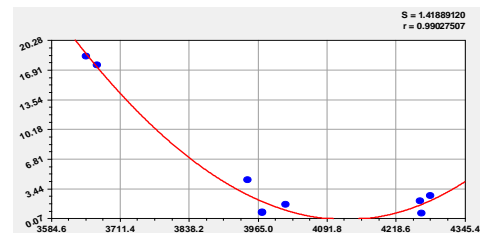
период свободного горения на период пожара



регистрация на оперативность тушения



регистрация на период пожара



регистрация на период тушения

Рис. 4. График влияния по другим шести сильным факторным связям параметров лесных пожаров на лесном квартале 27.

Регистрация на оперативность тушения, то есть непрерывное время с 01.08.1982, влияет сложно по формуле

$$\eta = 1135,8284 \exp(0,00030252\tau_p) - 0,12652\tau_p^{1,24078} \quad (6)$$

Этот вид факторной связи показывает, как во времени изменялось качество работы пожарных. Перовая составляющая (6) показывает естественное стремление людей к повышению оперативности тушения лесных пожаров.

Однако этому стремлению мешает кризисно (отрицательный знак перед второй составляющей) с годами нарастающая тенденция по показательному закону. В итоге образуется классический оптимальный низкой оперативности тушения при времени регистрации около 4000 суток. По данным таблицы 1, это соответствует июлю 1993 года.

С другой стороны, кривая $\eta = f(\tau_p)$ оказывает накопление социально-экономического кризиса до развала СССР в 1991-1993 годах.

С 1982 года до системного кризиса оперативности тушения лесных пожаров падает, а затем медленно повышается.

Таким образом, данный способ позволяет по математическим факторным связям влияния времени регистрации лесных пожаров на другие

параметры выявлять характер динамики поведения как пожарных, так и населения в целом (пожарные являются отдельной частью населения).

Регистрация на период пожара определяется в динамике поведения людей (по таблице 1 за период 1992-1994 гг., то есть всего за два года) двухчленной формулой вида

$$T = 784,6951 \exp(0,00029021\tau_p) - 0,12410\tau_p^{1,19510} \quad (7)$$

Период пожара является одним из важных показателей. Из графика на рис. 4 видно, что до июля 1993 года значение периода пожара снижалось, а затем снова начало повышаться.

Регистрация на период тушения определено (рис. 4) уравнением

$$T_m = 747,35576 \exp(0,00029115\tau_p) - 0,11264\tau_p^{1,20136} \quad (8)$$

Динамика показателя аналогична предыдущему фактору.

Квартал 70 Кленовогорского лесничества Ф34. Данные даны в таблице 3 и таблице 4.

Общий период измерений $T_{изм}$ с 05.05.1990 по 03.06.2007 равен $8281 - 2835 = 5446$ суток, что больше предыдущего квартала 27 в 8,6 раз. За срок почти 17 лет на квартале 70 произошло всего 6 пожаров (рис. 5).

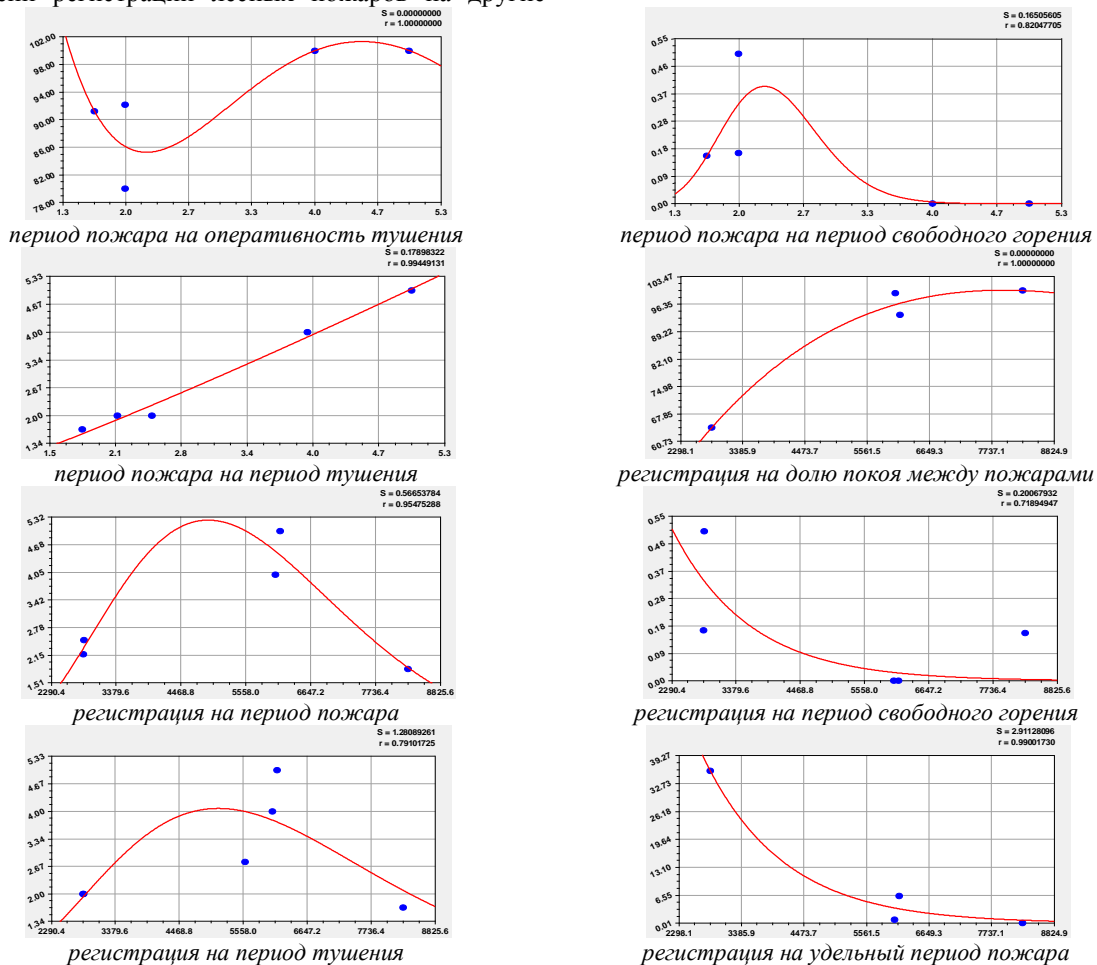


Рис. 5. Графики сильных факторных связей по лесным пожарам на лесном квартале 70.

Период пожара на оперативность тушения изменяется по формуле

$$\eta = 290,39951 \exp(-0,90275T) + 15,95611T^{3,15163} \exp(-0,65387T) \quad (9)$$

В сравнении с формулой (2) первый член уравнения (9) стал законом экспоненциальной гибели. Это означает, что основная тенденция на данном лесном квартале заключается в снижении из года в год оперативности тушения лесных пожаров. Этот показатель антропогенными усилиями был поднят до высокого уровня в 2006-2007 гг.

Период пожара на период свободного горения дается формулой

$$\Delta T = 18,67800T^{21,16533} \exp(-9,34629T) \quad (10)$$

Весь период измерения от 05.05.1990 по 03.06.2007 можно условно разбить на две части (рис. 5). Во второй части с ростом периода пожара специалисты добились резкого снижения периода

свободного горения, то есть промежутка времени от регистрации до начал тушения лесного пожара.

Таблица 3

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 70

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
05.05.1990	16:10	16:20	18:20
12.05.1990	16:00	16:30	18:30
10.07.2000	-	20:33	23:20
25.04.2001	17:00	17:00	21:00
12.07.2001	13:00	13:00	18:00
03.06.2007	9:00	9:10	10:50

Полнота исходных данных в таблице 3 равна $100 \times 5 / 6 = 83,33\%$.

Таблица 4

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 70

Время регистрации пожара τ_p , сутки	Период между пожарами T_n , сутки	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
2835	-	2,17	2,00	0,17	92,17	-	-	10
2842	7	2,50	2,00	0,50	80,00	35,71	64,29	1
5591	2749	-	2,78	-	-	-	-	1
6054	463	4,00	4,00	0	100,00	0,86	99,14	1
6132	78	5,00	5,00	0	100,00	6,41	93,59	5
8281	2149	1,83	1,67	0,16	91,26	0,09	99,91	1,5
Сумма	5446	-	17,45	-	-	-	-	19,50

Период пожара на период тушения дается показательным законом

$$T_m = 0,77819T^{1,16047} \quad (11)$$

Регистрация на долю покоя между пожарами дает биотехнический закон в полной форме

$$\zeta = 0,0082681\tau_p^{1,18538} \exp(-0,00023807\tau_p^{0,95344}) \quad (12)$$

С годами промежуток времени между пожарами увеличивался, однако после 2006 года пожары стали учащаться.

Регистрация на период пожара также имеет биотехнический закон

$$T = 8,51372 \cdot 10^{-21} \tau_p^{6,38151} \exp(-0,0012965\tau_p) \quad (13)$$

В динамике максимальный период пожара более 5 часов был в 1999 году, то есть с лагом запаздывания от системного социально-экономического кризиса 1998 года.

Регистрация на период свободного горения изменяется с годами по закону экспоненциальной гибели

$$\Delta T = 2,94373 \exp(-0,00076667\tau_p^{1,00010}) \quad (14)$$

Но по графику на рис. 5 в 2007 г. снова был рост периода свободного горения лесного пожара. Это указывает на то, что персонал пожарной службы успокоился и стал менее напряженно следить за регистрацией и началом тушения лесных пожаров.

Регистрация на период тушения снова влияет по биотехническому закону

$$T_m = 8,45070 \cdot 10^{-18} \tau_p^{5,46384} \exp(-0,0023683\tau_p^{0,91664}) \quad (15)$$

Период тушения был максимальным в 2001 году. Затем он снижается.

Регистрация на удельный период пожара имеет закон гибели

$$\vartheta = 273,80002 \exp(-0,00071671\tau_p) \quad (16)$$

Скважность очередного лесного пожара, при повторении на данном лесном квартале 70, постепенно снижается. Поэтому в будущем могут быть (на этом квартале с 2007 г. не произошло ни одного пожара, что свидетельствует о насыщении природной среды пожарами и поэтому потерю привлекательности для отдыха) более частые лесные пожары.

Квартал 30 Лушмарского лесничества Ф34. Из 11 строк три имеют прочерки (табл. 5 и 6).

Таблица 5

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 30

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
04.05.1984	18:25	18:30	19:30
30.07.1991	15:00	15:00	17:00
26.09.1994	8:00	8:00	9:00
05.08.1996	9:08	9:30	12:00
01.08.1997	-	17:33	18:00
04.08.1998	8:00	8:20	9:00
06.08.1998	10:30	11:00	13:00
23.08.1998	8:00	8:30	12:00
07.07.1999	-	14:17	15:20
25.07.1999	16:30	17:00	19:00
03.09.2002	9:00	9:10	11:00

Полнота данных равна $100 \times 9 / 11 = 81,82\%$.

Таблица 6

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 30

Время регистрации пожара τ_p , сутки	Период между пожарами T_n , сут.	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
643	-	1,08	1,00	0,08	92,59	-	-	4
3286	2643	2,00	2,00	0	100,00	0,08	99,92	1
4440	1154	1,00	1,00	0	100,00	0,09	99,91	0,5
5119	679	2,87	2,50	0,37	87,11	0,42	99,58	0,5
5480	361	-	0,45	-	-	-	-	0,5
5848	368	1,00	0,67	0,33	67,00	0,27	99,73	0,5
5850	2	2,50	2,00	0,50	80,00	125	-25	0,5
5867	17	4,00	3,50	0,50	87,50	23,53	76,47	0,5
6185	318	-	1,05	-	-	-	-	0,1
6203	18	2,50	2,00	0,50	80,00	13,89	86,11	0,1
7339	1136	2,00	1,83	0,17	91,50	0,18	99,82	0,1
Сумма	6696	-	18,00	-	-	-	-	8,30

Общий период измерений $T_{изм}$ с 04.05.1984 по 03.09.2002 равен $7339 - 643 = 6696$ суток, что больше предыдущих двух лесных кварталов 27 и 70.

За такой большой срок почти 18 лет на лесном квартале 30 произошло максимальное количество - 11 лесных пожаров. По-видимому, это предел количества лесных пожаров, после которого наступает насыщение привлекательности у людей для отдыха на этом лесном земельном участке.

Графики закономерностей даны на рисунке 6.

Этот лесной квартал примечателен тем, что почти все пожары произошли до системного социально-экономического кризиса нашей страны.

Период пожара на период свободного горения дается формулой

$$\Delta T = 0,066248T^{1,87928} \exp(-4,30209 \cdot 10^{-5} T^{6,86862}) \quad (17)$$

Время от регистрации до начала тушения возрастало и после кризиса стало снижаться.

Период пожара ан период тушения дается показательным законом

$$T_m = 0,88435T^{0,98146} \quad (18)$$

Период пожара на долю покоя между пожарами изменяется по кризисной второй части

$$\zeta = 96,18760 - 6,45366T^{243,66215} \exp(-69,49335T^{1,20396}) \quad (19)$$

Этот эффект влияния изменившейся после предыдущих лесных пожаров лесной биологической среды на данном квартале требует внимательного дальнейшего исследования.

Регистрация на оперативность тушения изменяется по двухчленной формуле

$$\eta = 78,09888 \exp(0,00029588\tau_p) - 1,91091 \cdot 10^{-6} \tau_p^{2,19694} \quad (20)$$

В начале кризиса оперативность тушения была высокой и это свидетельствует о реакции людей на надвигающийся кризис: у населения происходит автоматическое повышение ответственности за природные ресурсы. Во времена дефолта 1998-1999 гг. оперативность тушения резко упала. А с 2001 г. показатель начинает возрастать (рис. 6).

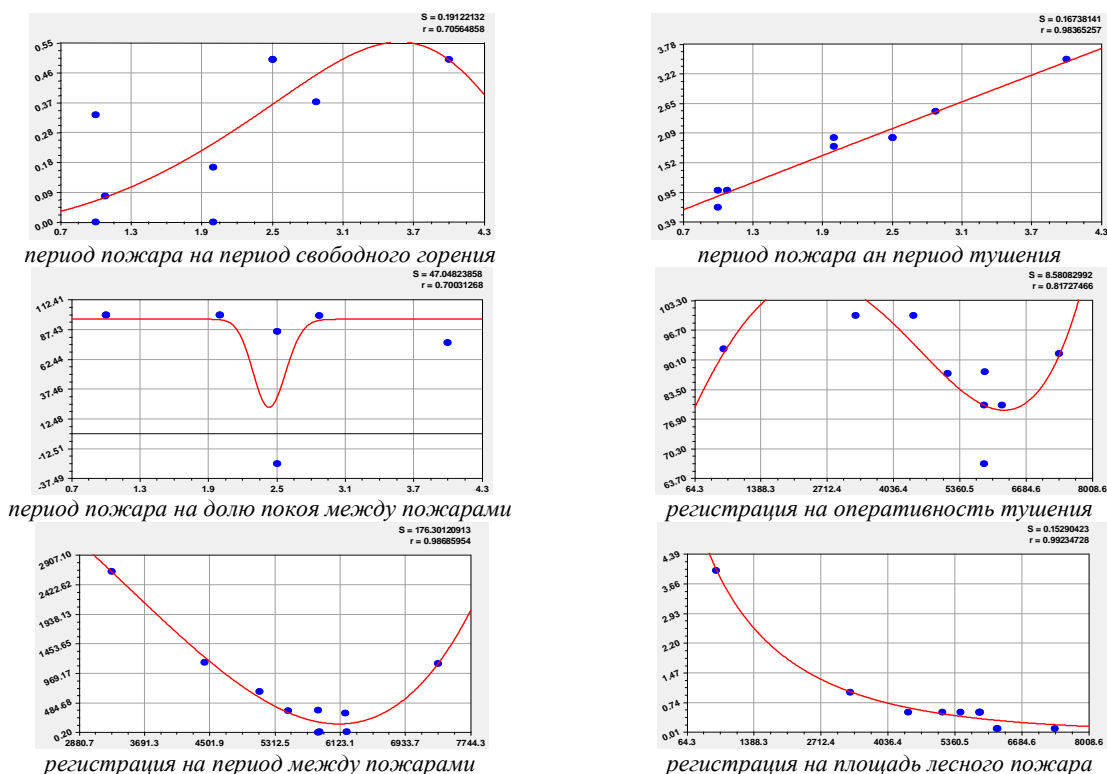


Рис. 6. Графики сильных факторных связей по лесным пожарам на лесном квартале 30.

Регистрация на период между пожарами

также изменяется сложно:

$$T_n = 4365,4335 \exp(0,00027663\tau_p) - 0,0087494\tau_p^{1,69821} \quad (21)$$

Этот показатель дает характеристику поведения пожарных: до кризиса 1998 г. преобладает вторая составляющая модели (21) и поэтому пожары учащаются. После 1998 до 2002 г. период между пожарами начинает возрастать. Таким образом, можно сделать важный вывод о том, что улучшение жизненных условий населения влияет и на пожарных. Они начинают более ответственно обращаться с лесными пожарами, поэтому всё это поведение откликается на поведение самого лесного квартала.

Таким образом, лесные пожары в каждом квартале оставляют надолго отметины, которые нужно изучать досконально биологическими и техническими методами. Ведь сведения о самих лесных пожарах мало дают полезной научной информации, а обследование мест пожаров на сильно пораженном лесном квартале откроет новые свойства поведения лесной среды (лесной экосистемы). А это, в свою очередь, даст принципиально новые способы применения природных сил самой лесной среды в борьбе против возникновения новых лесных пожаров.

Регистрация на площадь лесного пожара за 11 лесных пожаров дала в динамике снижение по закону экспоненциальной гибели

$$S = 7,00251 \exp(-0,0040954\tau_p^{0,76066}) \quad (22)$$

Модель (22) оказалась единственной для этого квартала 30. По остальным лесным кварталам закономерности типа $S = f(\tau_p)$ оказались с коэффициентом корреляции менее 0,7. По формуле (22) в начале регистрации при $\tau_p = 0$ получаем $S_0 = 7$ га.

Квартал 44 Яльчинского лесничества Ф34.

Из 8 строк три имеют прочерки, поэтому полнота таблицы 7 и таблицы 8 составляет 62,50%.

Таблица 7

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 44

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
21.04.1986	-	17:00	19:00
06.05.1990	11:00	11:15	12:00
28.07.1992	5:00	5:30	9:00
28.07.1992	5:00	5:30	6:00
26.06.1993	-	14:47	15:00
07.07.1993	-	19:08	20:00
16.09.1998	18:30	19:20	21:00
13.06.2007	14:35	14:35	16:35

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 44

Время регистрации пожара τ_p , сут,	Период между пожарами T_n , сут,	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
1360	-	-	2,00	-	-	-	-	1
2836	1476	1,00	0,75	0,25	75,00	0,07	99,93	1
3649	813	4,00	3,50	0,50	87,50	0,49	99,51	1
3649	0	1,00	0,50	0,50	50,00	-	-	0,5
3943	294	-	0,22	-	-	-	-	0,3
3954	11	-	0,87	-	-	-	-	1
5853	1899	2,50	1,67	0,83	66,80	0,13	99,87	2
8943	3090	2,00	2,00	0	100,00	0,06	99,94	1
Сумма	7583	-	11,51	-	-	-	-	7,80

Графики закономерностей даны на рисунке 7. На лесном квартале 44 общий период измерений $T_{изм}$ равен 7583 суткам, что больше предыдущих трех кварталов 27, 70 и 30. За срок почти 21 год на лесном квартале 44 произошло 8 лесных пожаров.

Период пожара на оперативность тушения определяется формулой

$$\eta = 0,22764 \exp(1,47647T) + 2339,0465T^{-5,88602} \exp(-3,63840T) \quad (23)$$

Характер оперативности тушения повторяет картину, которая была на квартале 27 по формуле (2). Это факт указывает на то, что некоторые

кварталы подобны по поведению друг другу. Такое подобие является предметом других исследований.

Период пожара на период тушения снова определяется формулой

$$T_m = 0,77916T^{1,07775} \quad (24)$$

Разные кварталы различаются не по конструкции формулы (26), а уровнем адекватности по коэффициенту корреляции. Поэтому этот показатель может быть применен для сопоставления лесных кварталов, сильно пораженных лесными пожарами.

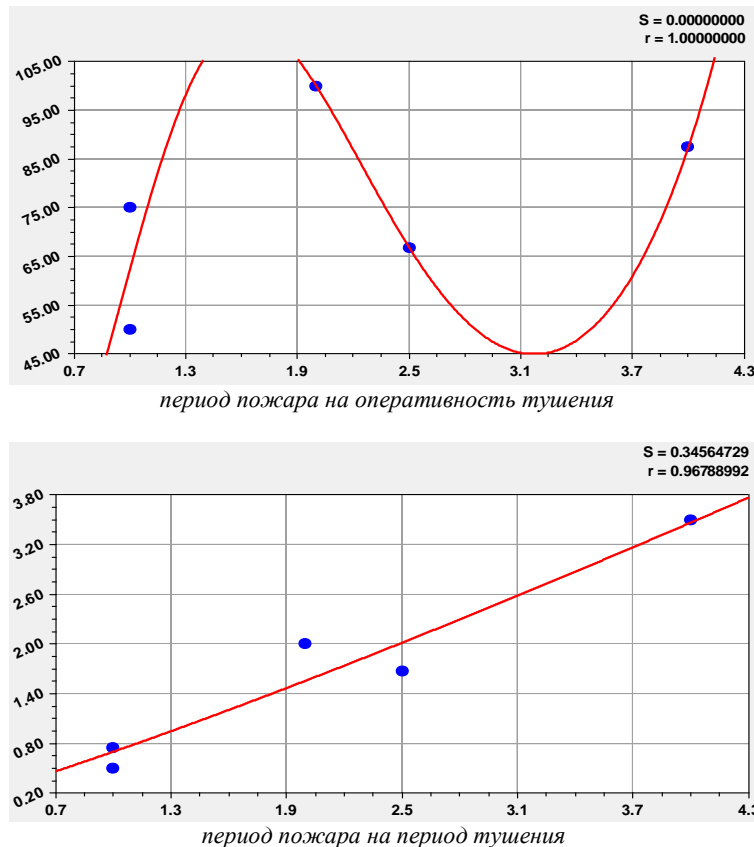


Рис. 7. Графики сильных связей по пожарам на квартале 44.

Показатель характеризует качество функционирования лесопожарной службы лесничества.

Квартал 52 Яльчинского лесничества Ф34. Исходные данные даны в таблице 9, а расчетные показатели приведены в таблице 10.

Таблица 9

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 52

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
07.08.1985	-	16:50	19:50
09.06.1986	-	16:08	18:30
04.08.1996	9:30	9:30	10:30
14.08.1996	16:30	16:30	17:30
27.05.1998	-	22:00	23:00
23.07.2003	14:20	14:20	18:00
26.05.2004	18:20	18:50	20:50
03.06.2007	10:00	10:15	11:00
05.05.2010	16:00	16:05	20:00

Таблица 10

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 52

Время регистрации пожара τ_p , сут.	Период между пожарами T_m , сут.	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
1103	-	-	3,00	-	-	-	-	2
1409	306	-	2,37	-	-	-	-	1
5118	3709	1,00	1,00	0	100,00	0,03	99,97	0,5
5128	10	1,00	1,00	0	100,00	10	90	1
5779	651	-	1,00	-	-	-	-	1
7662	1883	3,67	3,67	0	100,00	0,19	99,81	4
7970	308	2,50	2,00	0,50	80,00	0,81	99,19	1
9073	1103	1,00	0,75	0,25	75,00	0,09	99,91	1
10140	1067	4,00	3,92	0,08	98,00	0,37	99,63	5
Сумма	9037	-	18,71	-	-	-	-	16,50

Полнота данных равна $100 \times 6 / 9 = 66,67\%$.

На лесном квартале 52 общий период измерений $T_{изм}$ равен 9037 суткам, что больше всех предыдущих четырех кварталов 27, 70, 30 и 44. За почти 25 лет на лесном квартале 52 произошло 9 лесных пожаров. График закономерности дан на рисунке 8.

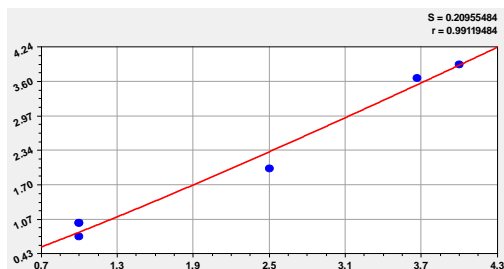


Рис. 8. Влияние периода пожара на период тушения на кв. 52

Период пожара на период тушения выявляется закономерностью

$$T_m = 0,83019T^{1,11676} \quad (25)$$

Этот лесной квартал характеризуется всего одной закономерностью. Остальные модели имеют адекватность менее 0,7. Такое выделение моделей резко сокращает объем вычислений и позволяет рассматривать только сильные статистические модели.

Квартал 45 Яльчинского лесничества Ф34.

Из 10 строк две имеют прочерки (табл. 11 и табл. 12), поэтому полнота данных равна 80%.

Таблица 11

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 45

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
24.08.1988	-	16:02	16:26
27.09.1989	15:10	16:00	18:00
27.07.1992	23:00	23:15	24:00
28.07.1992	5:35	5:40	9:00
28.07.1992	5:30	5:40	9:30
26.06.1995	16:45	17:00	17:30
12.06.1998	-	17:00	18:00
28.07.2001	13:20	13:20	17:20
10.08.2003	17:30	17:30	21:30
01.08.2004	14:20	14:20	17:00

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 45

Время регистрации пожара τ_p , сут.	Период между пожарами T_n , сут.	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
2216	-	-	0,40	-	-	-	-	1
2615	399	2,83	2,00	0,83	70,67	0,71	99,29	1
3648	33	1,00	0,75	0,25	75,00	3,03	96,97	1
3649	1	3,42	3,33	0,09	97,37	342	-242	1
3649	0	4,00	3,83	0,17	95,75	-	-	1
4713	1064	0,75	0,50	0,25	66,67	0,07	99,93	0,5
5795	1082	-	1,00	-	-	-	-	0,5
6937	1142	4,00	4,00	0	100,00	0,35	99,65	1
7680	743	4,00	4,00	0	100,00	0,54	99,46	2
8046	366	2,67	2,67	0	100,00	0,73	99,27	1
Сумма	4830	-	22,48	-	-	-	-	10,00

На лесном квартале 45 общий период измерений $T_{изм}$ снизился и стал равным 4830 суткам, что равно 16 годам. На лесном квартале 45 произошло 10 лесных пожаров. Графики даны на рисунке 9.

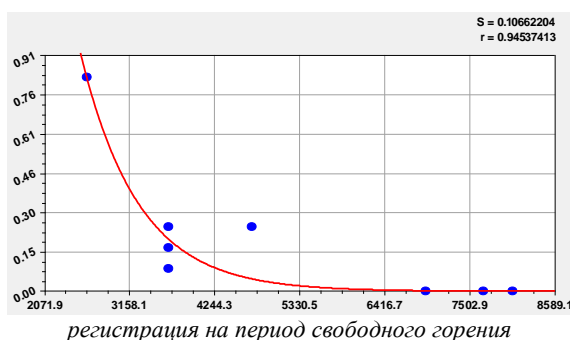
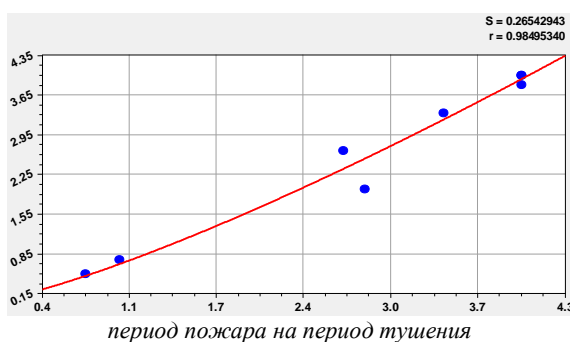
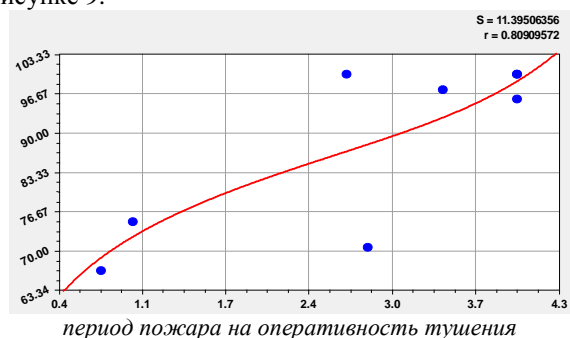


Рис. 9. Сильные связи по лесным пожарам на лесном квартале 45

Период пожара на оперативность тушения дается формулой

$$\eta = 0,025367 \exp(1,39328T) + 72,34670T^{-0,17458} \quad (26)$$

В этом лесном квартале имеются два закона роста – экспоненциального (первая составляющая) и показательного (второй член). Оперативность тушения для 10 пожаров на кв. 45 постоянно нарастала.

Период пожара на период тушения снова получил выражение

$$T_m = 0,67125T^{1,27487} \quad (27)$$

Регистрация на период свободного горения определена формулой

$$\Delta T = 27,83786 \exp(-0,0013491\tau_p) \quad (28)$$

На этом квартале персонал пожарной службы работал с сокращением времени между регистрацией и началом тушения. По сильно пораженным лесным кварталам можно оценивать качество функционирования пожарной службы лесничества.

Квартал 68 Яльчинского лесничества Ф34.

По этому лесному кварталу данные приведены в таблице 13 и таблице 14. На лесном квартале 68 общий период измерений $T_{изм}$ снизился.

Полнота данных равна $100 \times 5 / 6 = 83,33\%$.

Таблица 13

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 68

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
27.05.1991	13:25	13:32	17:00
01.05.1996	15:45	15:55	17:00
03.05.1996	15:50	16:30	19:00
02.05.1998	-	11:17	12:10
28.04.2002	12:30	12:40	15:40
19.06.2002	16:20	16:25	18:20

Таблица 14

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 68

Время регистрации пожара τ_p , сут.	Период между пожарами T_n , сут.	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
3222	-	3,58	3,47	0,11	96,93	-	-	3
5023	1801	1,25	1,08	0,17	86,40	0,07	99,93	1
5025	2	3,17	2,50	0,67	78,86	158,5	-58,5	5
5755	730	-	0,88	-	-	-	-	1
7211	1456	3,17	3,00	0,17	94,64	0,22	99,78	2
7263	52	2,00	1,92	0,08	96,00	3,85	96,15	1
Сумма	4041	-	12,85	-	-	-	-	13,00

Он стал равным 4041 суткам, что почти 11 лет. На лесном квартале 68 произошло 6 лесных пожаров. График закономерности дан на рисунке 10.

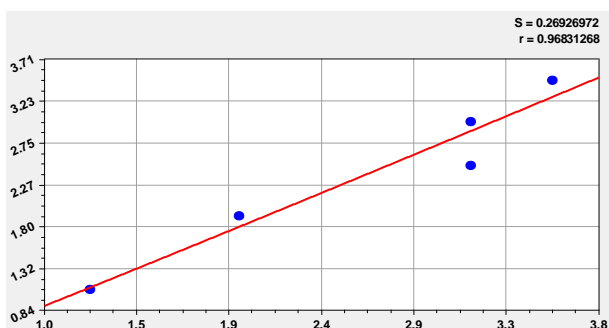


Рис. 10. Влияние периода пожара на период тушения на кв. 68.

Период пожара на период тушения снова дается формулой

$$T_m = 0,87766T^{1,03348} \quad (29)$$

Других сильных связей на этом квартале нет.

Квартал 22 Кленовогорского лесничества Ф35. По последнему пораженному лесными пожарами лесному кварталу данные даны в таблице 15, а данные для моделирования приведены в таблице 16.

Полнота данных равна $100 \times 5 / 6 = 83,33\%$.

Таблица 15

Исходные данные по лесным пожарам на квартале 22

Дата	Моменты времени, ч : мин		
	Обнаружение пожара $\tau_{об}$	Начало тушения $\tau_{нт}$	Окончание тушения $\tau_{ок}$
23.04.1988	12:50	12:55	13:05
08.05.1988	14:30	14:45	15:05
05.05.1993	-	15:33	16:20
02.06.1993	10:10	10:20	11:10
08.05.1996	14:45	14:45	15:30
31.07.2010	12:15	12:35	13:05

На лесном квартале 22 Ф35 период измерений $T_{изм}$ равен 9256 суткам, т.е. почти 22 года.

На лесном квартале 22 произошло 6 лесных пожаров. Графики даны на рисунке 11.

Таблица 16

Расчетные показатели по лесным пожарам квартала 22

Время регистрации пожара τ_p , сут.	Период между пожарами T_n , сут.	Период пожара T , ч	Период тушения пожара T_m , ч	Период свободного горения ΔT , ч	Оперативность тушения η , %	Удельный период пожара ϑ , %	Доля покоя между пожарами ζ , %	Площадь пожара S , ар
1727	-	0,25	0,17	0,08	68,00	-	-	1
1742	15	0,58	0,33	0,25	56,90	3,87	96,13	25
3602	1860	-	0,78	-	-	-	-	2
3630	28	1,00	0,83	0,17	83,00	3,57	96,43	1
4701	1071	0,75	0,75	0	100,00	0,04	99,96	1
9898	5197	0,83	0,50	0,33	60,24	0,01	99,99	0,75
Сумма	8171	-	3,36	-	-	-	-	30,75

Период пожара на оперативность тушения определяется формулой

$$\eta = 40,49221 \exp(-872,06603T^{5,80084}) + 106,92570T^{0,74220} \quad (30)$$

На этом квартале по первой составляющей формулы (30) наблюдается постоянный спад оперативности тушения. Но люди по второй составляющей показательного закона сопротивляются, стараясь повысить оперативность

тушения. В итоге нужно проанализировать биологические параметры лесной среды квартала 22, чтобы понять естественную тенденцию по первой составляющей формулы (30).

Период пожара на период тушения снова дается уравнением вида

$$T_m = 0,80953T^{1,24439} \quad (31)$$

Регистрация на долю покоя между пожарами влияет по формуле

$$\zeta = 76,63175 + 8,39575\tau_p^{0,11161} \quad (32)$$

Интересно отметить, что формула (32) показывает. Что всегда существует постоянное значение промежутка времени между пожарами 76,63%.

Регистрация на период между пожарами влияет по уравнению вида

$$T_n = 0,0014225\tau_p^{1,63119} \quad (33)$$

На квартале 22 происходит рост по показательному закону показателя.

Регистрация на период пожара определяется формулой

$$T = 9,35720 \cdot 10^{-6} \exp(0,0010306\tau_p) + 1,62713 \cdot 10^{-11} \tau_p^{3,42560} \exp(-0,00090100\tau_p) \quad (34)$$

Видно, что предыдущие статистические модели являются фрагментами общего уравнения (1).

Регистрация на период тушения влияет по закономерности вида

$$T_m = 6,54759 \cdot 10^{-8} \tau_p^{2,14816} \exp(-0,00038129\tau_p^{1,00041}) \quad (35)$$

Максимум периода тушения наблюдался в 1997-1998 гг., то есть снова в период системного социально-экономического кризиса нашей страны.

Рейтинг кварталов и факторных связей. В таблице 17 даны коэффициенты корреляции не менее 0,7 у тех закономерностей, которые относятся к сильным факторным связям.

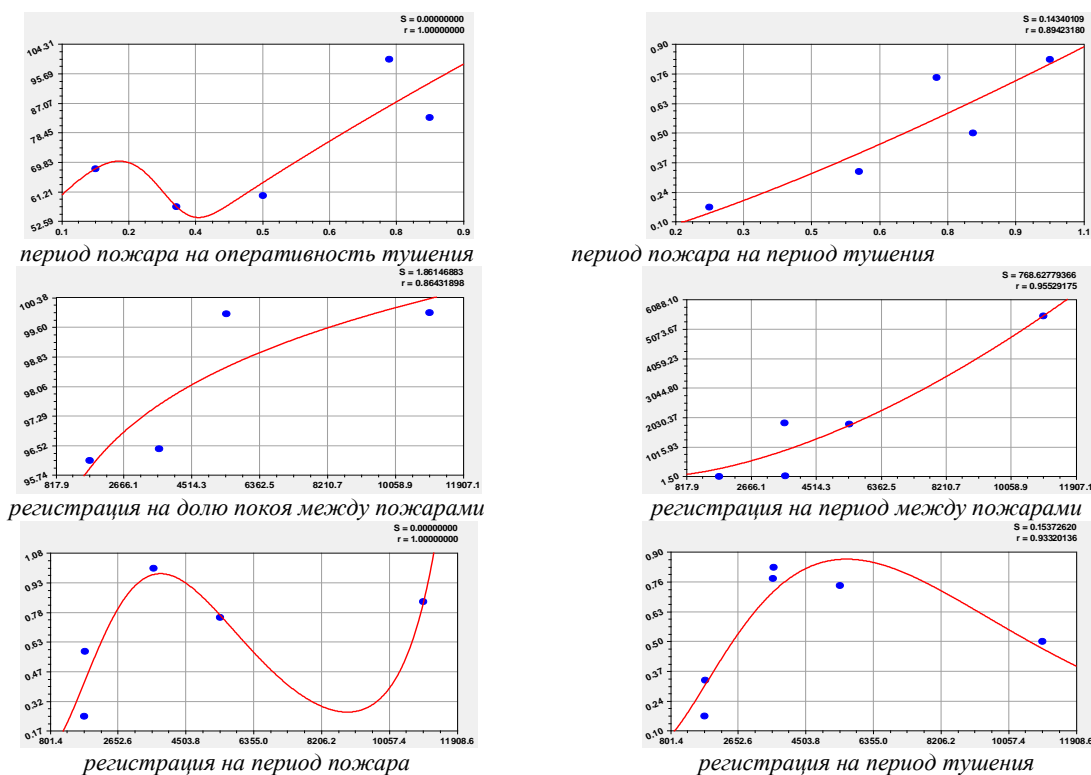


Рис. 11. Графики сильных факторных связей по лесным пожарам на лесном квартале 22.

В итоге на восьми сильно пораженных пожарами лесных кварталах образовались 12 биотехнических закономерностей.

Их параметры приведены в таблице 18.

Полнота исходных данных наибольшая у кварталов 70, 68 и 22. Поэтому математически корректно сравнивать между собой те лесные

квартала, которые имеют полноту данных не менее 80%.

Доля периода измерений вычисляется как отношение периода измерений к количеству строк с 01.08.1982 по 13.08.2011, то есть к 10605 суткам.

На рисунке 12 показана схема распределения общего периода измерений у каждого из восьми пожаров на шкале времени по годам.

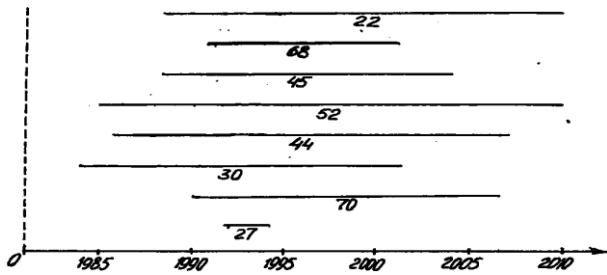


Рис. 12. Схема распределения периода измерений у 8 кварталов.

Из данных таблицы 18 видно, что наиболее адекватны 9 сильных статистических моделей по кварталу 70 с шестью пожарами, расположенному на территории Ф33 – **зоне экстенсивного рекреационного использования**. На Ф31 и Ф32 сильно пораженных пожарами лесных кварталов нет.

На втором месте по рейтингу занимает квартал 27 из Ф33, однако у него очень короткая история пожаров – всего два года и за это время произошло 9 пожаров (частота 4-5 пожаров за год). Почему так часты пожары – это тема для особых исследований.

Поэтому эталоном для сопоставления с другими предприятиями становится квартал 70.

Можно дать оценку функциональным зонам:

Ф33 – природные силы лесной среды не до конца нарушены и поэтому наблюдается много сильных факторных связей (до 9) из-за преобладания биологического поведения лесных деревьев;

Ф34 – природные силы сильно погашены и биологическое поведение деревьев хаотичное (нарушены популяционные связи между ними), но антропогенные воздействия еще не сильно влияют на лесную среду (из-за разного соотношения природного и человеческого факторов сильные связи наблюдаются в количестве от 1 до 7);

Ф35 – природные силы подавлены и заменены на функционирование лесных деревьев по лесохозяйственным правилам поведения человека (чаще всего самих лесников), поэтому наблюдается только техническое поведение лесного квартала как отдельных деревьев вне связей популяционной динамики

(технократическое поведение лесных деревьев дает 6 сильных связей).

Заключение. Предлагаемый способ обладает простотой реализации. По фактическим прошлым многолетним данным о лесных пожарах на конкретной территории остается выбрать те лесные кварталы, на которых за многолетний период произошло более 5 лесных пожаров.

После этого составляются таблицы типа 1-16, а данные подвергаются физико-математическому анализу с выявлением устойчивых биотехнических закономерностей, которые все подчиняются общему уравнению (7).

Применение предложенного способа расширяет возможности территориального экологического мониторинга, повышает функциональные возможности системы типа «Лесной Дозор». В итоге появляется практическая возможность с использованием многолетних данных о лесных пожарах на территории сильно пораженных пожарами лесных кварталов, экологического и технологического (пожаротушения) мониторинга.

Результаты физико-математического анализа лесных кварталов, пораженных за многолетний период более пяти лесными пожарами, позволит ежегодно оценивать качество работы пожарной службы лесничества. Для этого нужно выделить сильно пораженные лесными пожарами лесные кварталы и по ежегодным записям в книге учета лесных пожаров дополнять статистические данные параметрами новых лесных пожаров. Затем измененную статистическую выборку повторно идентифицировать формулой (7).

Итерация моделирования выполняется после каждой новой записи о пожаре на данном сильно пораженном пожарами лесном квартале.

Влияние закономерностей на оценку качества работы пожарной службы заставит повысить точность измерений времени (например, от часов перейти к минутам, а площадь замерять вместо га в ар и т.д.) и других параметров лесных пожаров. Кроме этого, в будущем такой физико-математический анализ позволит выявлять также и закономерности популяционного поведения лесных деревьев на сильно пораженных пожарами лесных кварталах.

Таблица 17

Адекватность статистических моделей по коэффициенту корреляции $\geq 0,7$

Вид формулы	Пораженные пожарами квартала и функциональные зоны								Сумма Σr	Место I_f
	27 Ф33	70 Ф33	30 Ф34	44 Ф34	52 Ф34	45 Ф34	68 Ф34	22 Ф35		
$\eta = f(T)$	0,9592	1,0000	0	1,0000	0	0,8091	0	1,0000	4,7683	2
$\Delta T = f(T)$	0,8788	0,8205	0,7056	0	0	0	0	0	2,4049	6
$T_m = f(T)$	0,9999	0,9945	0,9837	0,9679	0,9912	0,9850	0,9683	0,8942	7,7847	1
$T = f(\Delta T)$	0,7582	0	0	0	0	0	0	0	0,7582	12
$\eta = f(\tau_p)$	0,9235	0	0,8173	0	0	0	0	0	1,7408	8
$T = f(\tau_p)$	0,9878	0,9548	0	0	0	0	0	1,0000	2,9426	3
$\Delta T = f(\tau_p)$	0	0,7189	0	0	0	0,9454	0	0	1,6643	9

$T_m = f(\tau_p)$	0,9903	0,7910	0	0	0	0	0	0,9332	2,7145	4
$S = f(\tau_p)$	0	0	0,9923	0	0	0	0	0	0,9923	10
$\zeta = f(\tau_p)$	0	1,0000	0,7003	0	0	0	0	0,8643	2,5646	5
$\vartheta = f(\tau_p)$	0	0,9900	0	0	0	0	0	0	0,9900	11
$T_n = f(\tau_p)$	0	0	0,9869	0	0	0	0	0,9553	1,9422	7
Сумма $\sum r$	6,4977	7,2697	5,1861	1,9679	0,9912	2,7395	0,9683	5,6470	31,2674	
Место $I_{\text{кр}}$	2	1	4	6	7	5	8	3		

Таблица 18

Параметры статистических моделей лесных кварталов от 01.08.1982

Параметры модели	Пораженные пожарами квартала и функциональные зоны								
	27 Ф33	70 Ф33	30 Ф34	44 Ф34	52 Ф34	45 Ф34	68 Ф34	22 Ф35	
Полнота исходных данных, %	66,67	83,33	81,82	62,50	66,67	80,00	83,33	83,33	
Место по адекватности	2	1	4	6	7	5	8	3	
Начало регистрации, сутки	3648	2835	6431	1360	1103	2116	3222	1727	
Доля начала измерений, %	34,40	26,73	60,64	12,82	10,40	19,95	30,38	16,28	
Конец регистрации, сутки	4282	8281	7339	8943	10140	8046	7263	9898	
Период измерений, сут.	634	5446	6696	7583	9037	4830	4041	8917	
Доля периода измерений, %	5,98	51,35	63,14	71,50	85,21	45,54	38,10	84,08	
Количество пожаров, шт.	9	6	11	8	9	10	6	6	
Период между пожарами, сут.	70	908	609	948	1004	483	674	1486	
Количество моделей, шт.	8	9	7	2	1	3	2	6	

Библиографический список

References

1. Мазуркин П.М., Блинова К.С. Активность Солнца и годовичная динамика лесных пожаров на особо охраняемой территории / П.М. Мазуркин, К.С. Блинова // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 102-107.
2. Мазуркин П.М., Блинова К.С., Хазиев А.В. Асимметричные вейвлет-сигналы многолетней динамики численности лесных пожаров Республики Марий Эл / П.М. Мазуркин, К.С. Блинова, А.В. Хазиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 15. – С. 148-151.
3. Мазуркин П.М. Каткова Т.Е. Моделирование многолетней динамики изменения площади лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – №1 (6). – С. 31-37.
4. Мазуркин П.М. Каткова Т.Е. Анализ многолетней динамики удельной площади лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2013. – №2 (7). – С. 37-43.
5. Мазуркин П.М., Каткова Т.Е. Вейвлет-анализ многолетней динамики локальной численности лесных пожаров / П.М. Мазуркин, Т.Е. Каткова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/111-10164> (дата обращения: 26.09.2015).
6. Мазуркин П.М., Скорикова Л.А. Динамика температуры горения древесных опилок при испытании сжиганием / П.М. Мазуркин, Л.А. Скорикова // Вестник КНИТУ. – 2011. – № 7. – С. 58-61.
7. Мазуркин П.М., Филонов А.С. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей: учеб. пос / П.М. Мазуркин, А.С. Филонов – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. 292 с.

1. Mazurkin P.M., Blinova K.S. Aktivnost' Solnca i godichnaja dinamika lesnyh pozharov na osobo ohranjaemoj territorii / P.M. Mazurkin, K.S. Blinova // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2013. – № 1. – S. 102-107.
2. Mazurkin P.M., Blinova K.S., Haziev A.V. Asimmetrichnye vejvlet-signaly mnogoletnej dinamiki chislennosti lesnyh pozharov Respubliki Marij Jel / P.M. Mazurkin, K.S. Blinova, A.V. Haziev // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2013. – T. 16. – № 15. – S. 148-151.
3. Mazurkin P.M. Katkova T.E. Modelirovanie mnogoletnej dinamiki izmenenija ploshhadi lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2013. – №1 (6). – S. 31-37.
4. Mazurkin P.M. Katkova T.E. Analiz mnogoletnej dinamiki udel'noj ploshhadi lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2013. – №2 (7). – S. 37-43.
5. Mazurkin P.M., Katkova T.E. Vejvlet-analiz mnogoletnej dinamiki lokal'noj chislennosti lesnyh pozharov / P.M. Mazurkin, T.E. Katkova // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2013. – № 5. – URL: <http://www.science-education.ru/111-10164> (data obrashhenija: 26.09.2015).
6. Mazurkin P.M., Skorikova L.A. Dinamika temperatury gorenija drevesnyh opilok pri ispytanii szhiganiem / P.M. Mazurkin, L.A. Skorikova // Vestnik KNITU. – 2011. – № 7. – S. 58-61.
7. Mazurkin P.M., Filonov A.S. Matematicheskoe modelirovanie. Identifikacija odnofaktornyh statisticheskikh zakonornostej: ucheb. pos / P.M. Mazurkin, A.S. Filonov – Joshkar-Ola: MarGTU, 2006. 292 s.

THE ANALYSIS OF FIRES ON FOREST QUARTER

The article analyzes data and trends mutual effect of parameters and derived indicators. Shows the ratings between bonds and the severely affected districts by the sum of the coefficients of correlation by which one can judge the level of significance of the parameters and derived indicators.

Keywords: forest quarter, more than five fires, time scale, trends, fire service, quality of work, quality of the forest environment.

Мазуркин Петр Матвеевич,

*д.т.н., проф.,
Поволжский ГТУ,
Россия, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru.*

Mazurkin P.M.,

*Doc. of Tech. Sci., Prof.,
Volga State University of Technology,
Russia, Ioshkar-Ola.
e-mail: kaf_po@mail.ru.*



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.8:69

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДАЧИ СТАТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.А. Сазонова

Рассматриваются подходы к решению задач статического оценивания состояния гидравлических систем. Предлагается для определения вычисленного значения узлового потенциала применять универсальную модель потокораспределения на базе применения энергетического эквивалентирования. Практическое применение задачи статического оценивания состояния предполагается при выполнении технической диагностики функционирующих гидравлических систем. Рассматриваются дополнительные задачи, которые могут возникать в случае аварий гидравлических систем, комплексное решение которых необходимо для обеспечения надежности и безопасности функционирования объектов защиты.

Ключевые слова: гидравлические системы, статическое оценивание, математическое моделирование, безопасность, мониторинг технического состояния.

Введение. В инженерном смысле задача статического оценивания [1] является основополагающей при диагностике технического состояния функционирующих систем тепло-, водо-, газоснабжения. Результаты ее решения используются в задачах планирования [2, 3] и стабилизации режимов [4, 5], формирующих комплекс основных функций диспетчерских служб или автоматизированных систем управления рассматриваемыми объектами. Цель задачи оценивания сводится к определению быстро меняющихся параметров режима по результатам измерений, получаемых от имеющегося в наличии комплекса контрольно-измерительных приборов.

Подходы к решению задач оценивания состояния. Рассмотрим традиционные подходы к решению задачи оценивания [6]: метод взвешенных наименьших квадратов (МНК) и метод максимального правдоподобия, которые можно считать идентичными с точки зрения получаемых результатов, однако каждый из них обладает определенными преимуществами в зависимости от объема и качества исходных данных. Метод наименьших квадратов в общем случае требует меньше априорной информации о распределении

величин, для которых должны быть найдены оценки, однако получаемые оценки более обоснованы в статистическом смысле для метода максимального правдоподобия. При неудачно выбранном соотношении весов отдельных измерений МНК может дать существенное искажение результатов. Указанные различия подходов определяют их области использования. Если есть возможность получить информацию о функции распределения ошибок измерений, то целесообразнее применять метод максимального правдоподобия. В противном случае необходимо ориентироваться на метод наименьших квадратов. Применительно к гидравлическим трубопроводным системам тепло-, водо- и газоснабжения, степень оснащенности контрольно-измерительными приборами которых относительно невысокая, а погрешность измерения может быть весьма существенной, предпочтение следует отдать методу взвешенных наименьших квадратов.

Целевая функция для решения задачи статического оценивания. С учетом возможного перечня измеряемых параметров режима целевая функция в МНК для решения задачи оценивания будет иметь вид

$$\min \left\{ F = \sum_{j \in J(H)} \frac{1}{\sigma_j^2} [H_j^a - H_j^b(\vec{s}_i; \vec{Q}_i)]^2 + \sum_{j \in J(q)} \frac{1}{\sigma_j^2} [q_j^a - q_j^b(\vec{s}_i; \vec{Q}_i)]^2 + \sum_{j \in J(T)} \frac{1}{\sigma_j^2} [T_j^a - T_j^b(\vec{s}_i; \vec{Q}_i)]^2 \right\} \quad (1)$$

где H, q, T – узловый параметр (давление или напор, отбор, температура соответственно); верхние индексы «а» «в» – обозначают экспериментальное и вычисленное значение параметра; j – элемент множества узлов расчетной схемы объекта; $J(x)$, ($x \in H, q, T$) – подмножество узлов, оснащенных приборами для измерения соответствующего параметра; σ_j – весовая функция, задающая качество измерения. Обычно в качестве весовой функции при обработке экспериментальных данных используется

величина, обратная среднеквадратической погрешности, устанавливаемой исходя из класса точности прибора (датчика) для измерения.

Универсальная модель потокораспределения. Для определения вычисленного значения узлового потенциала необходимо привлекать математические модели анализа параметров режима [7, 8, 9]. Выберем среди известных моделей так называемую универсальную модель потокораспределения, имеющую следующий матричный вид:

$$[C_{p \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}] = [M_{p \times 1}^t] \times [\hat{H}_{e \times 1}]; \quad (2)$$

$$[K_{r \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}] = [0_{r \times 1}]; \quad (3)$$

$$[A_{m \times n}] \times [Q_{n \times 1}] = [\hat{q}_{m \times 1}]; \quad (4)$$

$$[E_{n(d)}] \times \{ [B_{n(d)}] \times [\theta_{n \times 1}] + [T_{n \times 1}^{\prime\prime}] \} = -[\vec{A}_{n \times m}^t] \times [T_{m \times 1}^{\prime}]; \quad (5)$$

$$[\vec{A}_{m \times n}] [Q_{n(d)}] \times [T_{n \times 1}^{\prime\prime}] - [\vec{A}_{m \times n}] \times [Q_{n(d)}] \times [T_{n \times 1}^{\prime}] = [\vec{q}_{m(d)}] \times [T_{m \times 1}^{\prime}] - [\vec{q}_{m(d)}] \times [\hat{T}_{m \times 1}]; \quad (6)$$

$$\Delta H_i = s_i Q_i^\alpha, i \in I, \quad (7)$$

с элементами диагональных матриц:

$R_i = s_i Q_i^{\alpha-1} D_i^\beta L_i (\bar{T}_i / T_{CT}), B_i = k \pi D_i L_i / (C_p \cdot Q_i)$, где k – коэффициент теплопередачи между транспортируемой и окружающей средами; C_p – изобарная теплоемкость транспортируемой среды; $\theta = \bar{T}_i - T_0$ – средний температурный напор; \bar{T}_i – средняя температура транспортируемой среды в пределах участка, T_0 – температура окружающей среды; T_{CT} – стандартная температура для приведения расхода к стандартным условиям; \hat{T} – фиксируемая температура потока, подаваемого от источника питания; \vec{q}, \hat{q} – сток от энергоузла к потребителю и приток от источника соответственно; α, β – коэффициент нелинейности при расходе и диаметре, зависящие от вида транспортируемой среды, материала труб и режима течения; D_i, L_i – диаметр трубопровода и его длина на участке i ; нижние индексы в матрицах указывают на их размеры (число строк и столбцов соответственно), «(d)», «l» – символы, обозначающие диагональную матрицу и матрицу-столбец, верхние индексы: «t» указывает на процедуру транспонирования; «^» – помечаются фиксируемые узловые параметры, являющиеся исходными данными, то есть граничными условиями к решению задачи; C, K – матрицы смежности независимых цепей и контуров; A – матрица инцидентий; \vec{A}, \hat{A} – подматрицы матрицы инцидентий участков и узлов с притоком и

оттоком от узла соответственно; размеры матриц смежности в (2)-(7): p – определяется числом энергоузлов с фиксируемым узловым потенциалом без единицы; r – цикломатическое число, устанавливаемое по соотношению Эйлера для плоских графов; m – число узлов с фиксируемым отбором; n – количество участков.

Типовая схема решения рассматриваемой задачи согласно [6] заключается в выборе совокупности искомым (оцениваемым) величин и выражении через них с помощью модели (2)-(7) измеряемых параметров. По полученным таким образом зависимостям из условия экстремума (1) составляется система нормальных уравнений, решение которой является искомым для поставленной задачи.

Очевидно, что для выражения расчетных параметров через искомые необходима явная форма зависимости, которая позволит из традиционных условий экстремума составить систему нормальных уравнений. Между тем конфигурация используемой модели потокораспределения обеспечить выполнение этого условия не в состоянии, то есть возможно лишь численное решение. Поэтому традиционный подход к оцениванию в гидравлических системах на основе МНК, опирающийся на модель (2)-(7), возможен лишь в линеаризованном варианте, то есть в результате установления явной зависимости после разложения модели потокораспределения,

например, в ряд Тейлора. Такой подход хотя и известен, но не может иметь широкое применение на практике, поскольку требует чрезмерно больших ресурсов вычислительной техники. Поэтому представляется перспективным поиск более удобных конфигурации математических моделей потокораспределения.

Комплексная задача обеспечения безопасности функционирования объектов защиты. Техническая диагностика выполняется для обеспечения надежности [10, 11] при функционировании гидравлических систем. Реализация поставленной задачи требует решения ряда дополнительных задач, обеспечивающих безопасность [12] таких сложных систем. Необходимо обеспечить требуемый уровень конструктивной надежности [13, 14] рассматриваемых систем, начиная со стадии проектирования и выбора современных материалов для изготовления конструкций [15, 16]. В случае возникновения аварий с выбросом опасных

веществ [17] на объектах защиты необходимо решить комплексно целый ряд инженерных задач, таких как задачи по обеспечению безопасности труда [18] и экологические задачи [19, 20, 21]. По данному направлению актуальны также исследования, рассмотренные в работах [22, 23], необходимые для решения комплексных задач.

Выводы:

1. Обоснован подход к решению задач статического оценивания состояния гидравлических систем.

2. Выбраны целевая функция и универсальная модель потокораспределения для решения задачи статического оценивания состояния гидравлических систем.

3. Рассмотрены дополнительные задачи, которые могут возникать в случае аварий гидравлических систем, комплексное решение которых необходимо для обеспечения надежности и безопасности функционирования объектов защиты.

Библиографический список

1. Сазонова С.А. Решение задачи статического оценивания систем газоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 11. – С. 139-141.
2. Сазонова С.А. Комплекс прикладных задач в области проектирования, обеспечивающих безопасность функционирования гидравлических систем / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 3 (16). – С. 30-35.
3. Сазонова С.А. Методы обоснования резервов проектируемых гидравлических систем при подключении устройств пожаротушения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 4 (17). – С. 22-26.
4. Сазонова С.А. Комплекс прикладных задач оперативного управления, обеспечивающих безопасность функционирования гидравлических систем / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 2 (15). – С. 37-41.
5. Сазонова С.А. Обеспечение безопасности гидравлических систем при реализации задач управления функционированием и развитием / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 1 (18). – С. 22-26.
6. Гамм А.З. Оценивание состояния в электроэнергетике / А.З. Гамм, Л.Н. Герасимов, И.И. Голуб. – М.: Наука, 1983. – 302 с.
7. Сазонова С.А. Модели оценки возмущенного состояния системы теплоснабжения / С.А. Сазонова // Инженерная физика. – 2010. – № 3 – С. 45-46.
8. Сазонова С.А. Обеспечение безопасности функционирования трубопроводных систем при реализации математических моделей на основе функционального эквивалентирования / С.А. Сазонова, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – № 2 (15). – С. 32-36.
9. Сазонова С.А. Математическое моделирование резервирования систем теплоснабжения в аварийных ситуациях / С.А. Сазонова // Известия

References

1. Sazonova S.A. Reshenie zadachi staticheskogo ocenivaniya sistem gazosnabzhenija / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. – 2011. – T. 7. – № 11. – S. 139-141.
2. Sazonova S.A. Kompleks prikladnyh zadach v oblasti proektirovaniya, obespechivajushhih bezopasnost' funkcionirovaniya gidravlicheskih sistem / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2015. – № 3 (16). – S. 30-35.
3. Sazonova S.A. Metody obosnovaniya rezervov proektiruemyh gidravlicheskih sistem pri podkljuchenii ustrojstv pozharotusheniya / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2015. – № 4 (17). – S. 22-26.
4. Sazonova S.A. Kompleks prikladnyh zadach operativnogo upravlenija, obespechivajushhih bezopasnost' funkcionirovaniya gidravlicheskih sistem / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2015. – № 2 (15). – S. 37-41.
5. Sazonova S.A. Obespechenie bezopasnosti gidravlicheskih sistem pri realizacii zadach upravlenija funkcionirovanijem i razvitiem / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2016. – № 1 (18). – S. 22-26.
6. Gamm A.Z. Ocenivanie sostojanija v jelektrojenergetike / A.Z. Gamm, L.N. Gerasimov, I.I. Golub. – M.: Nauka, 1983. – 302 s.
7. Sazonova S.A. Modeli ocenki vozmushhennogo sostojanija sistemy teplosnabzhenija / S.A. Sazonova // Inzhenernaja fizika. – 2010. – № 3 – S. 45-46.
8. Sazonova S.A. Obespechenie bezopasnosti funkcionirovaniya truboprovodnyh sistem pri realizacii matematicheskikh modelej na osnove funkcional'nogo jekvivalentirovaniya / S.A. Sazonova, V.Ja. Manohin, M.V. Manohin // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2015. – № 2 (15). – S. 32-36.
9. Sazonova S.A. Matematicheskoe modelirovanie rezervirovaniya sistem teplosnabzhenija v

Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – №4(34). – С. 440-448.

10. Сазонова С.А. Оценка надежности систем газоснабжения при проведении вычислительных экспериментов с ординарными отказами линейных элементов / С.А. Сазонова, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Серия: Высокие технологии. Экология. – Воронеж: ВГАСУ, 2015. – №1, – С. 138-147.

11. Надежность технических систем и техногенный риск: учебн. пособие / сост.: С.А. Сазонова, С.А. Колодяжный, Е.А. Сушко. – Воронеж: Изд-во Воронежский ГАСУ, 2013. – 148 с.

12. Колотушкин В.В. Безопасность жизнедеятельности при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений / В.В. Колотушкин, С.Д. Николенко. – Воронеж: ВГАСУ, 2014. – 194 с.

13. Николенко С.Д. К оценке надежности пневматической опалубки / С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, А.С. Коптелова // Высокие технологии в экологии. Труды 10-ой Международной научно-практической конференции. – 2007. – С. 188-194.

14. Пат. № 2371555 Российская Федерация МПК7 E 04 G 11/04. Сооружение, возведенное на несъемной пневматической опалубке / Николенко С.Д., Казаков Д.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ВГАСУ. – № 2008122797/03; заявл. 05.06.2008; опубл. 27.10.2009, бюл. № 30.

15. Николенко С.Д. Особенности технологических схем приготовления фибробетона / С.Д. Николенко, А.Н. Ткаченко, Д.В. Федулов // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2007. – С. 320-323.

16. Ткаченко А.Н. Теоретическая оценка распределения фибр в дисперсно-армированных бетонах / А.Н. Ткаченко, С.Д. Николенко, Д.В. Федулов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – Воронеж: ВГАСУ, 2010. – №4. – С. 54-58.

17. Прогнозирование влияния выбросов аварийно химически опасных веществ на людей и экологию с программной реализацией / В.Л. Золотарев [и др.] // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2015. – № 1. – С. 8-16.

18. Сазонова С.А. Результаты вычислительного эксперимента по оценке условий труда операторов смесителей асфальтобетонных заводов / С.А. Сазонова [и др.] // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12).

19. Иванова И.А. Анализ критериев экологической опасности на асфальтобетонных заводах / И.А. Иванова, С.А. Колодяжный, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2009.- № 3. – С. 125-131.

20. Жидко Е.А. Совершенствование организации управления экологическими рисками промышленного предприятия / Е.А. Жидко, В.Я. Манохин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2010. – № 1. – С. 13-17.

avarijnnyh situacijah / S.A. Sazonova // Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2015. – №4(34). – С. 440-448.

10. Sazonova S.A. Ocenka nadezhnosti sistem gazosnabzhenija pri provedenii vychislitel'nyh jeksperimentov s ordinarnymi otkazami linejnyh jelementov / S.A. Sazonova, V.Ja. Manohin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija. – Voronezh: VGASU, 2015. – №1, – S. 138-147.

11. Nadezhnost' tehniceskikh sistem i tehnogennyj risk: uchebn. posobie / sost.: S.A. Sazonova, S.A. Kolodjazhnyj, E.A. Sushko. – Voronezh: Izd-vo Voronezhskij GASU, 2013. – 148 s.

12. Kolotushkin V.V. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti pri stroitel'stve i jekspluatacii zdanij i sooruzhenij / V.V. Kolotushkin, S.D. Nikolenko. – Voronezh: VGASU, 2014. – 194 s.

13. Nikolenko S.D. K ocenke nadezhnosti pnevmaticheskoi opalubki / S.D. Nikolenko, V.Ja. Manohin, A.S. Koptelova // Vysokie tehnologii v jekologii. Trudy 10-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. – 2007. – S. 188-194.

14. Pat. № 2371555 Rossijskaja Federacija MPK7 E 04 G 11/04. Sooruzhenie, vozvedennoe na nes'emnoj pnevmaticheskoi opalubke / Nikolenko S.D., Kazakov D.A.; zajavitel' i patentoobladatel' GOU VPO VGASU. – № 2008122797/03; zajavl. 05.06.2008; opubl. 27.10.2009, bjul. № 30.

15. Nikolenko S.D. Osobennosti tehnologicheskikh shem prigotovlenija fibrobetona / S.D. Nikolenko, A.N. Tkachenko, D.V. Fedulov // Aktual'nye problemy sovremennoho stroitel'stva: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii. – Penza, 2007. – S. 320-323.

16. Tkachenko A.N. Teoreticheskaja ocenka raspredelenija fibr v dispersno-armirovannyh betonah / A.N. Tkachenko, S.D. Nikolenko, D.V. Fedulov // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – Voronezh: VGASU, 2010. – №4. – S. 54-58.

17. Prognozirovanie vlijanija vybrosov avarijno himicheski opasnyh veshhestv na ljudej i jekologiju s programmnoj realizaciej / V.L. Zolotarev [i dr.] // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija. – 2015. – № 1. – S. 8-16.

18. Sazonova S.A. Rezul'taty vychislitel'nogo jeksperimenta po ocenke uslovij truda operatorov smesitelej asfal'tobetonnyh zavodov / S.A. Sazonova [i dr.] // Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii. – 2016. – № 1 (12).

19. Ivanova I.A. Analiz kriteriev jekologicheskoi opasnosti na asfal'tobetonnyh zavodah / I.A. Ivanova, S.A. Kolodjazhnyj, V.Ja. Manohin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2009.- № 3. – S. 125-131.

20. Zhidko E.A.. Sovershenstvovanie organizacii upravlenija jekologicheskimi riskami promyshlennogo predprijatija / E.A. Zhidko, V.Ja. Manohin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija. – 2010. – № 1. – S. 13-17.

21. Nikolenko S.D. Vlijanie parametrov avtomobil'nyh dorog na jekologicheskiju bezopasnost' /

21. Николенко С.Д. Влияние параметров автомобильных дорог на экологическую безопасность / С.Д. Николенко // Научно-методическое обеспечение создания военной инфраструктуры вооруженных сил Российской Федерации. – Москва, 2009. – С. 229-236.

22. Жидко Е.А. Разработка математической модели рассеивания в приземном слое атмосферы частиц пыли и технология ее утилизации в строительстве: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.А. Жидко. – Воронеж, 2002.

23. Геоэкологические факторы и нормы накопления твердых бытовых отходов / М.В. Манохин [и др.] // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – №4(34). – С. 370-376.

S.D. Nikolenko // Nauchno-metodicheskoe obespechenie sozdaniya voennoj infrastruktury vooruzhennyh sil Rossijskoj Federacii. – Moskva, 2009. – S. 229-236.

22. Zhidko E.A. Razrabotka matematicheskoy modeli rasseivaniya v prizemnom sloe atmosfery chastic zoly i tehnologiya ee utilizacii v stroitel'stve: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk / E.A. Zhidko. – Voronezh, 2002.

23. Geojekologicheskie faktory i normy nakoplenija tverdyh bytovyh othodov / M.V. Manohin [i dr.] // Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2015. – №4(34). – S. 370-376.

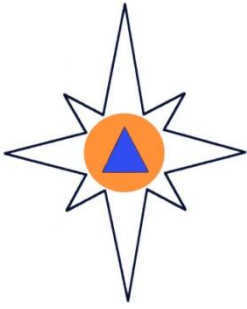
USING THE OBJECTIVES OF STATIC EVALUATION IN TECHNICAL DIAGNOSTICS IN ORDER TO ENSURE SAFETY FUNCTIONING HYDRAULIC SYSTEMS

Approaches to solving the problems of static state estimation of hydraulic systems. It is proposed to determine the calculated value of the node potential to use a universal model of flow distribution on the basis of the use of energy equivalenting. Practical application of static state estimation problem is expected when performing technical diagnostics of functioning of hydraulic systems. We consider the additional problem that may arise in the event of an accident of hydraulic systems and components, which is necessary to ensure the reliability and safety of the protection of objects.

Keywords: hydraulic system, static assessment, mathematical modeling, security, technical condition monitoring.

Сазонова Светлана Анатольевна,
доцент, к.т.н.,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, Воронеж;
e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Sazonova S.A.,
Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof.,
Voronezh State Technical University,
Russia, Voronezh,
e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru



ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА. ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 502.58

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВОДНЫХ МАСС ДЛЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДНЫХ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.А. Чудаков, М.С. Денисов

Представлены результаты математического моделирования водных систем противопожарного назначения, базирующиеся на подробном анализе имеющихся водоисточников в Воронежской области, моделировании движения вод местного стока, оцифровки топографических карт с целью моделирования наводнения, а также метода построения модели рельефа местности по картографическим данным. Предложенные научные подходы позволяют применить к водоисточнику алгоритм и коэффициент оценки его пригодности, а также оценить эффективность водоисточника при использовании в пожаротушении.

Ключевые слова: математическое моделирование, водоисточник, наводнение, пожаротушение, воды местного стока, топографическая карта.

Одним из приоритетных направлений государственной водохозяйственной политики является предупреждение и снижение вредных воздействий паводков, наводнений и подтопления территорий. Прогнозирование этих явлений имеет большое практическое значение как для населения, так и для подразделений МЧС России в части обеспечения мероприятий по предупреждению, предотвращению и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций.

Вместе с тем решение этой проблемы имеет большое значение для организаций Росгидромета, а также федеральных и региональных административных органов. При этом особое внимание уделяется методам краткосрочного прогнозирования, основанным на современных приемах численного моделирования. Об актуальности рассматриваемой проблемы свидетельствуют крупные наводнения, имевшие место в последние годы в нашей стране (Кубань, Лена, Северная Двина), а также сложные ситуации, складывающиеся при пропуске половодий, например, на Зее и Верхней Оби.

Ежегодно на территории Воронежской области в весенне-летний период происходит масштабное таяние снега, что приводит к подтоплению значительных территорий. Причиной тому является движение поверхностных вод, не

успевающих стечь в водоемы, уйти в грунтовые воды, испариться.

Кроме того, при проектировании и эффективной эксплуатации гидротехнических объектов возникает необходимость решения задач водного обмена регионального масштаба, включающих взаимодействие поверхностных и подземных вод (оценка ресурсов подземных вод, влияния перераспределения речного стока, сооружения дренажных систем и т.п.). В этой связи актуальными представляются вопросы противопожарного водоснабжения.

Основными источниками воды при отсутствии централизованного наружного водоснабжения являются гидротехнические сооружения.

Сопоставив очевидные проблемы ежегодного подтопления территорий Воронежской области и отсутствия необходимого количества противопожарных водоисточников, учитывая отсутствие нормативно-методического аппарата по оптимизации размещения водных систем противопожарного назначения, представляем комплекс математических моделей и алгоритмов, оригинальных компьютерных программ для ЭВМ, позволяющих оценивать масштабы распространения поверхностных вод на заданной территории, оптимизировать размещение противопожарных водоемов с учетом возможности

их наполнения водами местного стока и использования пожарной и авиационной техникой.

Анализ существующих подходов для решения поставленных проблемных вопросов показал, что методы математического моделирования динамики поверхностных вод в приближении мелкой воды позволяют решать широкий круг задач, связанный с прогнозом и управлением гидрологического режима на заданной территории. В работах Храпова С.С., Воеводина А.Ф., Ерёмкина М.А. были рассмотрены модели динамики затопления территории вследствие аварии на гидротехнических сооружениях. В работе Думачева В.Н. была предложена ситуационная модель работы ГЭС во время аномальных наводнений. Для построения математической модели в нашем случае были использованы аналогичные подходы, адаптированные к ситуации, при которой приток воды происходит за счет быстрого таяния снежного покрова на анализируемой территории.

Таким образом, актуальность темы определяется ее целевой направленностью на решение важной практической задачи, связанной с повышением уровня комплексной безопасности населения [1-9].

Анализ возможностей существующей территориальной водной системы Воронежской области показал, что из общего количества имеющихся водоемов для противопожарных нужд используется только 7%, остальные находят применение для орошения (40%), хозяйственно-бытовых целей (28%), рекреации (13%) и рыбозаготовки (12%), также установлено, что в Воронежской области отсутствуют в достаточном количестве водоемы, позволяющие использовать пожарную технику, а также применять самолеты-амфибии типа Бе-200ЧС, выполняющие специальные авиационные работы, связанные с пожаротушением. Все эти факторы значительно снижают эффективность тушения пожаров.

Математическое моделирование движения поверхностных вод местного стока.

При моделировании затопления учитывали следующие факторы: рельеф местности, начальное состояние снежной массы, впитывающие свойства грунта, динамику таяния снега, характер и интенсивность осадков, влажность воздуха, скорость ветра. Для выполнения данной задачи разработан метод и оригинальная компьютерная программа «Программа для моделирования движения вод местного стока».

Моделирование распространения воды в некоторой географической области при таянии снега или интенсивных осадках может быть сведено к исследованию задачи нахождения

течения тяжелой невязкой жидкости со свободной поверхностью над произвольной границей в рамках приближения мелкой воды и разработке эффективных численных методов ее решения.

Описываем рельеф с помощью односвязной поверхности второго порядка $F(x, y, z) = 0$. С целью удобства моделирования поверхность зададим в явном виде посредством дифференцируемой функцией $z = b(x, y)$

Учет случаев с резким изменением рельефа может быть осуществлен либо решением полных уравнений гидродинамики, либо построением альтернативной модели, поскольку базовая модель «мелкой воды» не позволяет описывать такие случаи.

В работе был предложен подход, основанный на усреднении по оси z уравнений Эйлера и учете влияния неоднородности течения по вертикали, что, как правило, присуще течениям над сложным рельефом.

Приближаем разрез рельефа ступеньками, состоящими из комбинации вертикальных и горизонтальных отрезков, в концах которых мы располагаем узлы сетки конечно разностной схемы. Предложенный подход основан на методике решения задачи распада разрыва и состоит в численном решении уравнений классической мелкой воды на плоскости с оценкой возможной динамики течения по оси z при расчетах потоков на границах ячеек, соединяющих горизонтальный участки.

Оценка вклада динамики течения по оси z производится с помощью решения задачи Римана на каждой из ступенек на основе базовой модели «мелкой воды».

Данный подход при разработке разностных соотношений основан на том, чтобы, основываясь на базовой модели «мелкой воды», дополнительно оценить вклад динамики изменения горизонтального поля скорости по оси z на усредненные по глубине значения поля. В практических задачах с огромными масштабами и сложным рельефом, как правило, всегда возникают области, в которых модель «мелкой воды», не применима. В этих областях течения становятся трехмерными, появляются области стабильности и области обратных течений. Качественное моделирование течений в этих областях возможно лишь при использовании уравнений Навье–Стокса. Тем не менее влияние этих локальных областей на усредненное по вертикальной оси z поле скорости нужно для получения результатов моделирования адекватно описывающих реально происходящие процессы. Запишем базовую модель течений жидкости над неоднородным рельефом в дивергентном виде для заданного профиля дна.

$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial\left(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2\right)}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{db}{dx}, \\ \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial\left(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2\right)}{\partial y} + \frac{\partial hvu}{\partial x} = -gh \frac{db}{dy} \end{cases}$$

В модели: g — ускорение свободного падения; $h(x, y, t)$ — это глубина жидкости; $u(x, y, t)$ — усредненная по вертикальной оси z горизонтальная компонента скорости в направлении x ; $v(x, y, t)$ — усредненная по глубине горизонтальная компонента скорости в направлении y ; $b(x, y)$ — эта функция, с помощью которой мы задаем рельеф дна. Разностной схему будем строить на основе метода Годунова.

При построении сетки рельеф аппроксимируется ступенчатой функцией. При такой конструкции сетки каждая ячейка имеет свою высоту дна. Данные высоты могут отличаться от ячейки к ячейке. После этого сетку,

регуляризывают, уменьшая до размеров минимальной ячейки. Начальные условия представляются функцией, ставящей каждой ячейке с номером (x, y) в соответствие усредненные по площади ячейки величины: $H_{x,y}^0$ — глубину жидкости; $(V_{x,y}^0, U_{x,y}^0)$ — вектор скорости жидкости и $B_{x,y}$ — высоту рельефа.

Индексы x, y — это величины функции, в центре масс ячейки с номером (x, y) ; индексы $x \pm \frac{1}{2}, y \pm \frac{1}{2}$ — величины на границе между ячейками с номерами $x \pm 1, y \pm 1$ соответственно; верхний индекс t это номер шага по времени; $B_{x,y}$ — высота основания ячейки с номером (x, y) :

$$H_{x,y}^{t+1} = H_{x,y}^t + \tau \times \left(\frac{H_{x-1/2,y}^t U_{x-1/2,y}^t - H_{x+1/2,y}^t U_{x+1/2,y}^t}{X} + \frac{H_{x,y-1/2}^t V_{x,y-1/2}^t - H_{x,y+1/2}^t V_{x,y+1/2}^t}{Y} \right)$$

$$U_{x,y}^{t+1} = \tau \times \frac{\left[\frac{g \left(H_{x-\frac{1}{2},y}^t + i(B_{x,y} - B_{x-1,y}) \right)^2}{2} + H_{x-\frac{1}{2},y}^t \left(U_{x-\frac{1}{2},y}^t \right)^2 - \frac{g \left(H_{x+\frac{1}{2},y}^t + i(B_{x+1,y} - B_{x,y}) \right)^2}{2} - H_{x+\frac{1}{2},y}^t U_{x+\frac{1}{2},y}^t \right]}{X H_{x,y}^{t+1}} + \frac{H_{x,y}^t U_{x,y}^t}{H_{x,y}^{t+1}} + \tau \frac{H_{x,y-1/2}^t U_{x,y-1/2}^t V_{x,y-1/2}^t - H_{x,y+1/2}^t U_{x,y+1/2}^t V_{x,y+1/2}^t}{Y H_{x,y}^{t+1}}$$

$$V_{x,y}^{t+1} = \tau \times \frac{\left[\frac{g \left(H_{x,y-\frac{1}{2}}^t + i(B_{x,y} - B_{x,y-1}) \right)^2}{2} + H_{x,y-\frac{1}{2}}^t \left(U_{x,y-\frac{1}{2}}^t \right)^2 - \frac{g \left(H_{x,y+\frac{1}{2}}^t + i(B_{x,y+1} - B_{x,y}) \right)^2}{2} - H_{x,y+\frac{1}{2}}^t U_{x,y+\frac{1}{2}}^t \right]}{X H_{x,y}^{t+1}} + \frac{H_{x,y}^t U_{x,y}^t}{H_{x,y}^{t+1}} + \tau \frac{H_{x-1/2,y}^t U_{x-1/2,y}^t V_{x-1/2,y}^t - H_{x+1/2,y}^t U_{x+1/2,y}^t V_{x+1/2,y}^t}{Y H_{x,y}^{t+1}}$$

В разработанной модели протяженность пространства в каждом из двух пространственных направлений X, Y составляло до 16000 ячеек сетки (общее количество ячеек составляет 256000000), что обеспечивало высокую детализацию в представлении местности. При этом каждый узел сетки имел четыре соседа, от которых возможно

поступление воды, либо которым производится отдача воды.

Численное моделирование наводнения в заданной местности. Для отработки и проверки эффективности разработанной модели наводнения была выбрана местность с высоким ежегодным риском затопления вблизи населенных пунктов Дубовый и Средний Икорец Воронежской области.

Затопление может происходить при весеннем разливе пруда Садовый на реке Топка.

Для решения поставленной задачи разработана оригинальная компьютерная программа «Программа для моделирования

наводнения в заданной местности» (рис. 1), способная считывать информацию о рельефе заданной местности из файла, подготовленного программой, описанной выше.

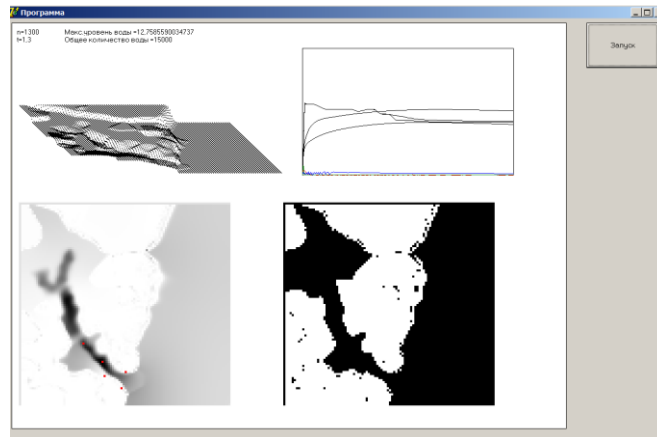


Рис. 1. Программа для моделирования наводнения в заданной местности на примере населенных пунктов Дубовый и Средний Икорец при разливе пруда Садовый (Воронежская область).

Причина выбора данной местности заключалась в наличии обширных статистических данных по затоплениям за последние 10 лет.

В процессе работы программа просчитывает течение воды под действием разности уровней жидкости и высот рельефа, после чего выводит карту затопления местности, а также зависимость

уровня воды от времени в заданных точках на карте (например, населенных пунктах, железнодорожных станциях, дорогах и др.).

Модель движения вод местного стока позволяет получить серию карт (рисунок 2) затопления с временным интервалом в несколько часов или суток.

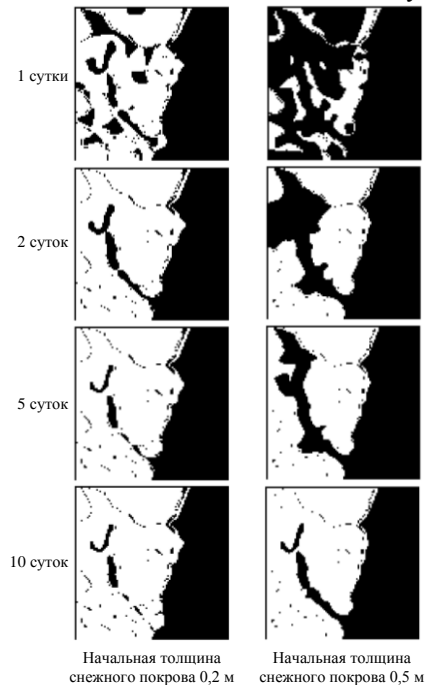


Рис. 2. Изменение карты затопления местности вблизи населенных пунктов Дубовый и Средний Икорец с течением времени при высоте снежного покрова 0,2 м (слева) и 0,5 м (справа).

На картах затопления черным цветом отмечены области затопления, в которых уровень воды превышает 0,1 м.

Установлено, что при таянии снежного покрова незначительной толщины (0,2 м) объем образующейся воды вблизи населенных пунктов Дубовы и Средний Икорец невелик и практически

весь задерживается двумя каскадами имеющегося пруда Садовый. Поэтому на картах затопления (рисунок 2, слева) области затопления значительные только на протяжении 1–2 суток с момента таяния снега (принято допущение о мгновенном таянии всего объема снега).

На пятые сутки картина затопления стабилизируется и вода остается только в двух каскадах пруда Садовый и в пойме реки Дон. При таянии же снежного покрова значительной толщины (0,5 м) объем образующейся воды настолько велик, что не успевает быстро стечь в пойму реки Дон, не умещается в пруд Садовый, затопляет местность вблизи пруда и по направлению от пруда к реке Дон. При этом населенные пункты Дубовый и Средний Икорец оказываются частично затопленными (рисунок 2, справа).

Установлено, что наибольшее затопление исследуемой местности наблюдается с 1 по 5 сутки с момента начала таяния снега. Однако даже спустя 10 суток пруд Садовый остается вышедшим из берегов, анализируемые населенные пункты – частично затопленными.

Сравнительный анализ показал, что полученные результаты по затоплению местности

вблизи населенных пунктов Дубовый и Средний Икорец хорошо соотносятся с соответствующими статистическими данными о затоплении.

Таким образом, предлагаемый комплекс методов и программ учитывает с высокой детализацией рельеф местности, воспроизводит основные физические процессы и позволяет прогнозировать характер и динамику затопления заданной местности.

Разработан алгоритм пригодности водоема для нужд пожаротушения (рисунок 3), а также метод его оценки эффективности для применения пожарной техникой, в том числе авиацией МЧС России.

Разработанный алгоритм и метод позволяют: ввести коэффициент пригодности водоема противопожарного назначения в зависимости от результатов обследования водоемисточника; дать оценку эффективности его использования; спланировать комплекс управленческих решений, направленных на повышение уровня эффективности использования водоемов противопожарного назначения.

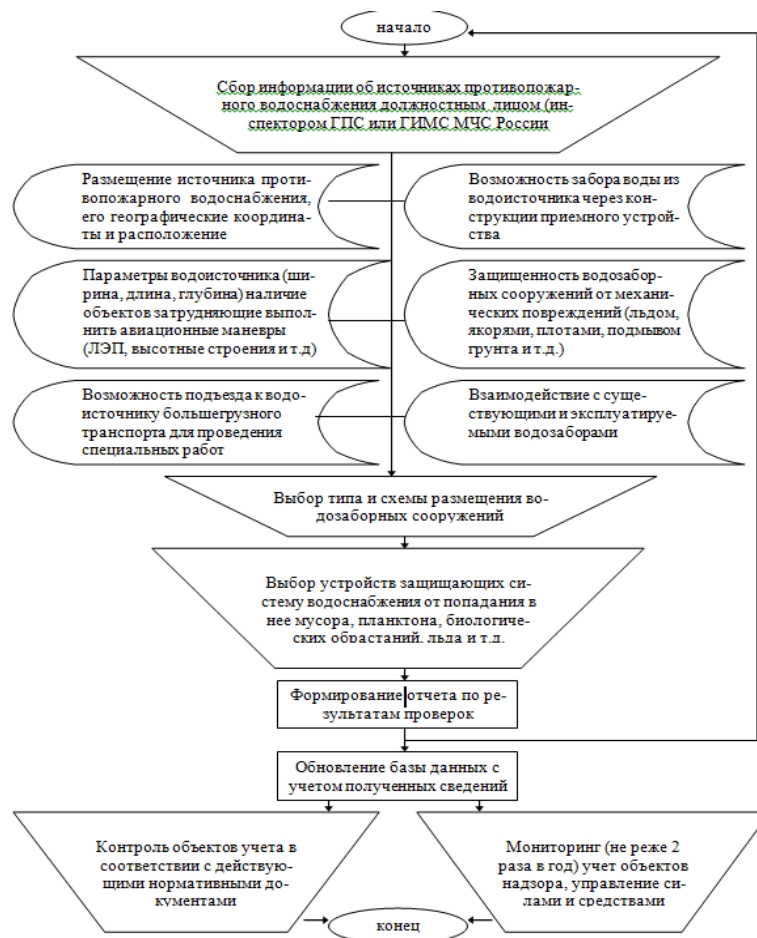


Рис. 3. Алгоритм оценки пригодности водоемисточника для забора воды пожарной техникой, включая авиацию МЧС России.

Наличие подвезда пожарной техники (дорожное покрытие, рассчитанное на нагрузку 16 тонн на ось)	Наличие водозаборного сооружения (пирс, колодец и т.д.)	Возможность использования водисточника через конструкции приемного устройства	Параметры водисточника:			Наличие объектов мешающих выполнению авиационных маневров (ЛЭП, здания повышенной этажности, и т.д.)
			Ширина Участка	Длина прямого участка	Глубина участка	
Нет – 0	Нет – 0	Нет – 0	Менее 50м - 0	Менее 50м - 0	Менее 2,6 м - 0	Есть-0
Есть – 1	Есть – 1	Есть – 1	От 50м до 200м - 0,5	От 50 до 3200м – 0,5	Более 2,6 м - 1	Нет-1
			Более 200м - 1	Более 3200 м – 1		

Коэффициент пригодности водоема противопожарного назначения в зависимости от набранных баллов по результатам его обследования:

От 0 до 3 баллов – водоем не пригоден для использования в пожаротушении;

От 3 до 6 баллов – водоем пригоден для использования пожарными специальными автомобилями, а также вертолетами, оборудованными водосливными устройствами;

7 баллов – водоем пригоден для использования пожарными специальными автомобилями, вертолетами, оборудованными водосливными устройствами; а также самолётами амфибиями типа БЕ-200ЧС.

Алгоритм оценки пригодности водоема для использования пожарной техникой, в том числе

авиацией МЧС России, предусматривает безопасную эксплуатацию гидротехнического сооружения как в летнее, так и в зимнее время.

Алгоритм апробирован на базе государственной инспекции по маломерным судам и управления организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Главного управления МЧС России по Воронежской области.

На основе нормативных документов разработана типовая схема размещения специальной техники и оборудования на зеркале водоема, способствующая оптимизации сил и средств для выполнения поставленных задач, связанных с использованием водоема как источника наружного противопожарного водоснабжения (рис. 4).

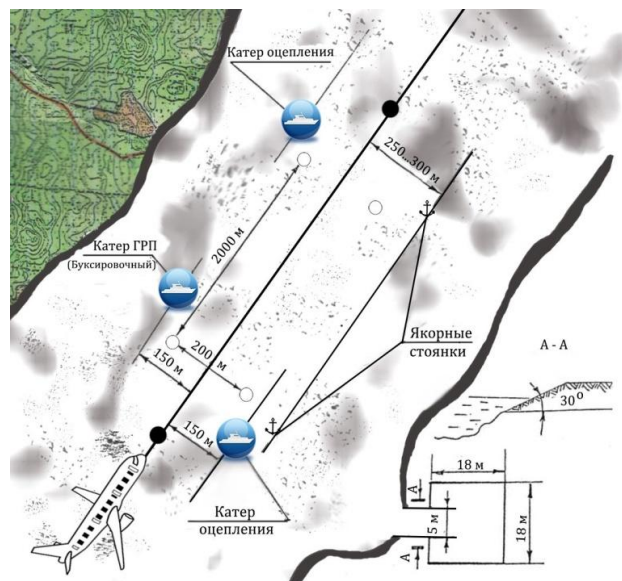


Рис. 4. Типовая схема оборудования гидрплощадки для использования пожарной техникой, включая авиацию МЧС России.

В результате проведенных исследований разработан метод оценки эффективности использования водоема в противопожарных целях.

Критерии эффективности:

$$M = \{ m_1, m_2, \dots, m_n \} - \text{множество}$$

потенциальных мест размещения противопожарных водоемов;

$$V(m_i) = (v_1^i, v_2^i, v_3^i, v_4^i, v_5^i, v_6^i) -$$

интегральная характеристики водоемов;

$\Omega = \{ \Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m \}$ – множество объектов защиты;

V_1^i -длина водоема

V_2^i -ширина водоема

V_3^i -глубина водоема

V_4^i -наличие подъездных путей водоема

V_5^i -возможность обслуживания водоема

V_6^i -объем водоема (расход воды)

Стоимость (С), $\Pi_c=0,1$	Оперативность (О), $\Pi_o=0,2$	Качество (К), $\Pi_k=0,5$	Информативность (И), $\Pi_n=0,2$
Большая ($d\Pi_c=0$)	Достаточная ($d\Pi_o=1$)	Высокое ($d\Pi_k=1$)	Полная ($d\Pi_n=1$)
Средняя ($d\Pi_c=0,5$)	Недостаточная ($d\Pi_o=0$)	Среднее ($d\Pi_k=0,5$)	Ограниченная ($d\Pi_n=0$)
Малая ($d\Pi_c=1$)		Низкое ($d\Pi_k=0$)	

$$\mathcal{E}_\Phi = \sum_i \sum_j (\Pi_i(\Omega_j) \times d\Pi_i(\Omega_j))$$

где Π_i – индекс предпочтительности критерия Π ; $d\Pi_i$ – оценка соответствующего критерия.

Библиографический список

1. Кондратов С.И. Создание искусственных водоемов для рекреации / С.И. Кондратов, А.П. Купрюшин, А.А. Чудаков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. – №3. – С. 127–129.
2. Калач А.В. Математическое моделирование водных систем противопожарного назначения / А.В. Калач, А.А. Чудаков // Вестник Воронежского института МВД России. – 2014. – №1. – С. 95–104.
3. Калач А.В. Система контроля затопления населенных пунктов / А.В. Калач, А.А. Чудаков // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – №1. – С. 69–73.
4. Калач А.В. Прогнозирование динамики вод местного стока при таянии снега / А.В. Калач, А.А. Чудаков, Е.В. Афанасьева // Технологии гражданской безопасности. – 2014. – №2(40). – С. 92–94.
5. Калач А.В. Математическое моделирование, затопления населенных пунктов при движении поверхностных вод местного стока / А.В. Калач, А.А. Чудаков, Е.В. Калач // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2014. – №2(30). – С. 76–84.
6. Калач А.В. Метод восстановления рельефа местности на основе картографических данных для моделирования движения поверхностных вод / А.В. Калач [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2014. – №5. – С. 59–64.
7. Калач А.В. Проектирование гидротехнических сооружений противопожарного назначения / А.В. Калач, А.А. Чудаков, С.А. Золототрубов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. Шухова. – 2014. – №6. – С. 18–20.

References

1. Kondratov S.I. Sozdanie iskusstvennyh vodoemov dlja rekreacii / S.I. Kondratov, A.P. Kupryushin, A.A. Chudakov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – 2009. – T. 5. – №3. – S. 127–129.
2. Kalach A.V. Matematicheskoe modelirovanie vodnyh sistem protivopozharnogo naznachenija / A.V. Kalach, A.A. Chudakov // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. – 2014. – №1. – S. 95–104.
3. Kalach A.V. Sistema kontrolja zatoplenija naseleennyh punktov / A.V. Kalach, A.A. Chudakov // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. – 2014. – №1. – S. 69–73.
4. Kalach A.V. Prognozirovanie dinamiki vod mestnogo stoka pri tajanii snega / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, E.V. Afanas'eva // Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. – 2014. – №2(40). – S. 92–94.
5. Kalach A.V. Matematicheskoe modelirovanie, zatoplenija naseleennyh punktov pri dvizhenii poverhnostnyh vod mestnogo stoka / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, E.V. Kalach // Problemy upravlenija riskami v tehnosfere. – 2014. – №2(30). – S. 76–84.
6. Kalach A.V. Metod vosstanovlenija rel'efa mestnosti na osnove kartograficheskikh dannyh dlja modelirovanija dvizhenija poverhnostnyh vod / A.V. Kalach [i dr.] // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij. – 2014. – №5. – S. 59–64.
7. Kalach A.V. Proektirovanie gidrotehničeskikh sooruzhenij protivopozharnogo naznachenija / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, S.A. Zolototrubov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologičeskogo universiteta im. Shuhova. – 2014. – №6. – S. 18–20.

8. Бурцев А.А. Оценка опасности наводнений на основе данных мониторинга / А.А. Бурцев, Н.Г. Топольский // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – № 3. – С. 15-19.

9. Калач А.В. Мониторинг состояния малых гидротехнических сооружений на территории Центрально-Черноземного региона / А.В. Калач, А.А. Чудаков, И.И. Метелкин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. Шухова. – 2015. – №1. – С. 7–10.

8. Burcev A.A. Ocenka opasnosti navodnenij na osnove dannyh monitoringa / A.A. Burcev, N.G. Topol'skij // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija. – 2016. – № 3. – S. 15-19.

9. Kalach A.V. Monitoring sostojanija malyh gidrotehnicheskikh sooruzhenij na territorii Central'no-Chernozemnogo regiona / A.V. Kalach, A.A. Chudakov, I.I. Metelkin // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. Shuhova. – 2015. – №1. – S. 7–10.

MATHEMATICAL MODELLING OF DYNAMICS OF WATER MASSES TO CHOOSE THE BEST PLACEMENTS WATER SYSTEMS OF FIRE-PREVENTION APPOINTMENT

The results of mathematical modeling of water system of fire-prevention function based on a detailed analysis of existing water sources in the Voronezh region, modeling the movement of water local runoff, digitizing topographic maps to model flooding and also the method of constructing a model of the terrain of the map data. The proposed research approaches allow to apply to the source algorithm and the coefficient of evaluation of its in-validity, and to assess the effectiveness of water when used in firefighting.

Keywords: *mathematical modeling, water source, on-volnenie, fire, water, local runoff, topographic map.*

Чудаков Александр Александрович,

ст. преп.,

Воронежский институт ГПС МЧС России,

Россия, Воронеж.

Chudakov A.A.,

Senior Lecturer,

Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of the Russia,

Russia, Voronezh.

Денисов Михаил Сергеевич,

к.ф.-м.н.,

Россия, Воронеж.

Denisov M.S.,

candidate of physico-mathematical sciences,

Russia, Voronezh.



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 004.056

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ

Е.А. Жидко

Рассмотрены вопросы создания на предприятии экологических информационных систем для снижения влияния производства на окружающую среду. Проанализированы задачи экоинформационной системы и системы информационной безопасности управления на предприятии.

Ключевые слова: экологическая система, информационная безопасность, экоинформационная система.

Современные подходы к управлению окружающей средой (ОС) на национальном уровне предполагают создание целостной (интегрированной) многоуровневой системы управления ОС, начиная от микротерритории и предприятия и заканчивая субъектом федерации, бассейнами рек и всей Российской Федерацией [1-2]. Принятие решений в такой системе должно основываться на надежной, точной и доступной информации. Поэтому важнейшим элементом в системе управления хозяйствующим субъектом (ХС) оказывается создание и поддержание систем управления экологической информацией.

Растущая озабоченность качеством среды обитания заострила внимание предприятий к возможным экологическим последствиям их деятельности. Хозяйствующие субъекты должны выявлять эти последствия, снижать и по возможности полностью устранять их негативный эффект [3-5]. Для этого необходимо, с одной стороны, создание соответствующей базы для принятия решений, а с другой – обеспечение восприятия знаний персоналом, т.е. лицами, принимающими решения (ЛПР), благоприятствующее использованию такой базы [6].

В настоящее время ХС вынуждены постоянно противостоять растущему потоку данных и одновременно испытывать дефицит информации. Все большую остроту приобретает вопрос, могут ли экологические информационные системы решить эти проблемы.

Экологическую информационную систему можно определить как часть общефирменной информационной системы, которая получает или извлекает сырые экологические данные из уже действующих внутрифирменных информационных и измерительных систем, обрабатывает их с ориентацией на потребителя и распределяет в соответствии с потребностями. Следует также выделить уровень применения и интерпретации данных, который предъявляет свои требования к экологической информационной системе, и инфраструктуру, которая включает все информационные средства и обеспечивает необходимые для системы услуги. Между ними располагается уровень собственно экологической информационной системы, т.е. систематической подготовки данных.

Для создания эффективной системы экологического менеджмента не достаточно сконцентрировать внимание только на подготовке данных о продукции, производственных процессах и инфраструктуре. Важно, прежде всего, учитывать интересы получателей данных, т.е. обеспечивать их интерпретацию, а также формировать знания и понимать возможности влияния ЛПР на экологическую обстановку. Поэтому нельзя упускать из виду индивидуальные качества и социальные условия, в которых работают эти лица [6].

Цель системы экологического менеджмента на предприятии заключается в том, чтобы продукция, производственные процессы и инфраструктура создавались и постоянно

совершенствовались в соответствии с экологическими требованиями, определяемыми рамочными экономическими и социальными условиями. Определенные трудности в реализации экологических программ связаны с наличием базы данных и ее использованием.

Качество управленческих решений напрямую зависит от количества переработанной информации и сроков готовности результатов. Выбор источников и методов сбора информации зависит от цели, которую необходимо достичь с ее помощью [7, 8].

Основополагающим элементом управления информацией для достижения долгосрочных целей является объединение данных о природных ресурсах, загрязнении ОС с социо-экономической информацией и проведение их совместного анализа.

Обеспечение необходимой информацией осуществляется в процессе мониторинга параметров системы «окружающая среда – технологическое оборудование – персонал» [9, 10].

Определение формы и объема информации, необходимой для ЛПР, вопрос сложный. Каждый руководитель осуществляет руководство различными подразделениями, имеющими свою специфику, поэтому информация, необходимая отдельным руководителям, будет различна. Но система управления экологической безопасностью (ЭБ) при этом реализуется в форме экоиформационной системы, структурно входящей в общую систему менеджмента на предприятии. Она обеспечивает четкое функционирование всех составляющих ее звеньев [2, 3].

Экоиформационная система должна обеспечивать решение ряда задач:

- подготовка интегрированной информации о состоянии ОС, прогнозов вероятных последствий хозяйственной деятельности и

рекомендаций по выбору вариантов безопасного функционирования и развития хозяйствующего субъекта для систем поддержки принятия решения;

- имитационное моделирование процессов, происходящих в ОС, с учетом существующих уровней антропогенной нагрузки и возможных результатов принимаемых управленческих решений;

- оценка риска для существующих и проектируемых технологических процессов с целью управления безопасностью техногенных воздействий;

- накопление информации по временным трендам параметров ОС с целью экологического прогнозирования;

- подготовка электронных карт, отражающих состояние ОС на территории хозяйствующего субъекта и санитарно-защитной зоны;

- составление отчетов о достижении целей устойчивого развития;

- обработка и накопление в базах данных результатов локального и дистанционного мониторинга и выявление параметров ОС наиболее чувствительных к антропогенным воздействиям;

- обоснование оптимальной сети наблюдений для корпоративной системы экологического мониторинга;

- обмен информацией о состоянии ОС (импорт и экспорт данных) с другими экоиформационными системами;

- предоставление информации, необходимой для контроля соблюдения нормативных требований, для информирования общественности и т.д.

Для решения этих задач необходимо создать систему информационной безопасности (СИБ) управления ХС (рис.) и обеспечить четкое функционирование всех составляющих ее звеньев [7].

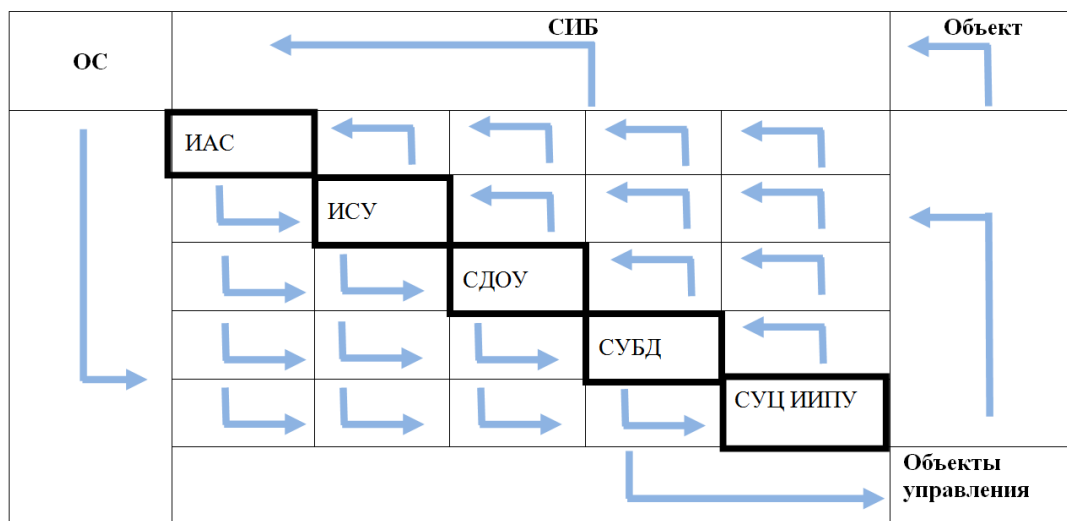


Рис. Роль и место системы информационной безопасности в структуре внешних и внутренних прямых и обратных информационных связей хозяйствующего субъекта.

Целевое и функциональное назначение элементов системы управления ЭБ:

ИАС – информационно-аналитическая система, которая предназначена для формирования и ведения базы данных (БД), создания на её основе автоматизированного банка данных (АБД) о содержании потоков входной информации. Мера такой информации должна быть необходимой и достаточной для обеспечения требуемого уровня защищённости объекта. БД и АБД целесообразно строить в виде классификаторов по основаниям:

– цель, место, время, диапазон условий, поле проблемных ситуаций по природе и масштабам объекта, его СИБ;

– сложности их внешних и внутренних структурных связей, детерминированности и цикличности процессов жизнедеятельности, их информационной обеспеченности (табл. 1) [2, 6];

– природа и масштабы объекта, его система информационной безопасности (СИБ); сложность их структурных связей, информационная обеспеченность с учётом отношений между ними, т.е. причинно-следственных связей; движущих сил, генеральных целей, законов и закономерностей взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды предприятия, его СИБ (табл. 2) [6].

Таблица 1.

Основания для построения классификатора возможных состояний хозяйствующего субъекта

Параметры предприятия, его система информационной безопасности	Характеристики ситуации					Область их определения, Ω_Z
	по цели	по месту	по времени	по условиям	по проблемам	
Природа, А:	a_1	a_2	...	...	a_5	Ω_A
Масштаб, В:	b_1	b_2	...	...	b_5	Ω_B
Структура связей, С:	c_1	c_2	...	...	c_5	Ω_C
Детерминированность, D:	d_1	d_2	...	...	d_5	Ω_D
Цикличность, E:	e_1	e_2	...	...	e_5	Ω_E
Информационная обеспеченность, F:	f_1	f_2	...	...	f_5	Ω_F
Их область определения, Ω_V	Ω_{V1}	Ω_{V2}	...	...	Ω_{V5}	Ω_{VZ}

ИСУ – интеллектуальная система управления информационной обеспеченностью устойчивости развития ХС в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века. Она предназначена для распознавания ситуации; диагностики состояний устойчивости, конкурентоспособности; экспертизы таких

состояний на соответствие требуемому; выявления угроз с допустимыми, критическими и/или неприемлемыми последствиями; построения приоритетного ряда вариантов адекватной реакции на угрозы по ситуации и результатам в статике и динамике.

Таблица 2

Основания для построения классификатора возможных ситуаций

Параметры ситуации	Характеристики хозяйствующего субъекта, его система информационной безопасности					Область их определения, Ω_Z
	Природа	Масштаб	...	...	Информационная обеспеченность	
Причинно-следственные связи, А:	a_1	a_2	...	...	a_5	Ω_A
Движущие силы, В:	b_1	b_2	...	...	b_5	Ω_B
Генеральные цели развития, С:	c_1	c_2	...	...	c_5	Ω_C
Законы, D:	d_1	d_2	...	...	d_5	Ω_D
Закономерности, E:	e_1	e_2	...	...	e_5	Ω_E
Проблемы, F:	f_1	f_2	...	...	f_5	Ω_F
область их определения, Ω_V	Ω_{V1}	Ω_{V2}	...	...	Ω_{V5}	Ω_{VZ}

По результатам решения таких задач составляются правила принятия решений по адекватной реакции на угрозы по ситуации и результатам в статике и динамике. Они образуют специальный раздел БД и АБД в виде классификаторов по предложенным выше основаниям (табл. 1 и 2).

СДОУ – внешняя и внутренняя системы документационного обеспечения управления защищённостью ХС, его СИБ. Такие системы включают действующие на международном, межстрановом, внутристрановом и корпоративном уровнях механизмы регулирования и санкции за нарушение установленных норм, прав, правил и стандартов с указанием их приоритетов на рассматриваемом уровне.

СУБД – система управления БД и АБД. Она предназначена для обеспечения информационной и интеллектуальной поддержки устойчивости развития ХС, его СИБ, их конкурентоспособности и защищенности при наличии угроз хищений, разрушения и модификации входных и выходных информационных потоков, несанкционированного

доступа к ним и информационному ресурсу, который имеется в распоряжении объекта.

СУЦ ИИПУ – система управления циклами информационной и интеллектуальной поддержки управления состояниями ХС, его СИБ на основе их мониторинга во внешней среде и контроллинга во внутренней среде; выявления диспропорций между «необходимым – потенциально возможным – реально достижимым»; оценки допустимых, критических и неприемлемых рисков, их последствий; выявления причин появления таких диспропорций; принятия адекватных решений на их предупреждение и ликвидацию негативных последствий.

Опыт показывает, что создание самой информационной системы не представляет больших трудностей. Главное – это подготовка специалистов-экологов для постоянного обновления и применения информации.

Создание информационной системы и подготовку персонала необходимо осуществлять в рамках единого процесса обучения и адаптации стандартных программных средств к потребностям конкретного предприятия или органа управления.

Библиографический список

1. Концепция безопасности и устойчивости развития планеты Земля (принята ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 году)
URL: <http://www.unepcom.ru/development> (дата обращения: 26.09.2016).
2. Жидко Е.А. Методология исследований информационной безопасности экологически опасных и экономически важных объектов: монография / Е.А. Жидко. – Воронеж, 2015. – 183 с.
3. Жидко Е.А. Методический подход к идентификации экологического риска, учитываемого в деятельности предприятия / Е.А. Жидко, В.С. Муштенко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2011. – № 1. – С. 11-14.
4. Жидко Е.А. Анализ состояния атмосферы в регионе и социально-экономические последствия загрязнения окружающей среды / Е.А. Жидко, В.С. Муштенко // Высокие технологии в экологии труды 11 международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2008. – С. 69-74.
5. Жидко Е.А. Динамика частиц пыли в выбросах дымовых труб / Е.А. Жидко, Е.М. Черных // Экология и промышленность России. – 2004. – № 7. – С. 38-39.
6. Жидко Е.А. Высокие интеллектуальные и информационные технологии интегрированного менеджмента XXI века: монография / Е.А. Жидко. – Воронеж, 2014. – 110 с.
7. Жидко Е.А. Логико-вероятностно-информационное моделирование информационной безопасности / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2014. – № 4. – С. 136-140.
8. Жидко Е.А. Методология формирования системы измерительных шкал и норм информационной

References

1. *Koncepcija bezopasnosti i ustojchivosti razvitiya planety Zemlja (prinjata OON v Rio-de-Zhanejro v 1992 godu)* URL: <http://www.unepcom.ru/development> (data obrashhenija: 26.09.2016).
2. Zhidko E.A. *Metodologija issledovanij informacionnoj bezopasnosti jekologicheski opasnyh i jekonomicheski vazhnyh ob'ektov: monografija* / E.A. Zhidko. – Voronezh, 2015. – 183 s.
3. Zhidko E.A. *Metodicheskij podhod k identifikacii jekologicheskogo riska, uchityvaemogo v dejatel'nosti predpriyatija* / E.A. Zhidko, V.S. Mushtenko // *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija*. – 2011. – № 1. – S. 11-14.
4. Zhidko E.A. *Analiz sostojanija atmosfery v regione i social'no-jekonomicheskie posledstviya zagriznenija okruzhajushhej sredy* / E.A. Zhidko, V.S. Mushtenko // *Vysokie tehnologii v jekologii trudy 11 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. – Voronezh, 2008. – S. 69-74.
5. Zhidko E.A. *Dinamika chastic zoly v vybrosah dymovyh trub* / E.A. Zhidko, E.M. Chernyh // *Jekologija i promyshlennost' Rossii*. – 2004. – № 7. – S. 38-39.
6. Zhidko E.A. *Vysokie intellektual'nye i informacionnye tehnologii integrirovannogo menedzhmenta XXI veka: monografija* / E.A. Zhidko. – Voronezh, 2014. – 110 s.
7. Zhidko E.A. *Logiko-verojatnostno-informacionnoe modelirovanie informacionnoj bezopasnosti* / E.A. Zhidko, L.G. Popova // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. A.N. Tupoleva*. – 2014. – № 4. – S. 136-140.
8. Zhidko E.A. *Metodologija formirovanija sistemy izmeritel'nyh shkal i norm informacionnoj bezopasnosti ob'ekta zashhity* / E.A. Zhidko // *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. – 2015. –

безопасности объекта защиты / Е.А. Жидко // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 2 (97). – С. 17-22.

9. Сазонова С.А. Разработка модели анализа потокораспределения возмущенного состояния системы теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и информационные технологии. Сб. науч. тр. – Воронеж, 2007. – С. 52-55.

10. Квасов И.С. Энергетическое эквивалентирование больших гидравлических систем жизнеобеспечения городов / И.С. Квасов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2001. – № 4. – С. 85-90.

№ 2 (97). – С. 17-22.

9. Sazonova S.A. Razrabotka modeli analiza potokoraspredeleńija vozmushhennogo sostojanija sistemy teplosnabzhenija / S.A. Sazonova // Modelirovanie sistem i informacionnye tehnologii. Sb. nauch. tr. – Voronezh, 2007. – S. 52-55.

10. Kvasov I.S. Jenergetičeskoe jekvivalentirovanie bol'shih gidravličeskix sistem žizneobespečenija gorodov / I.S. Kvasov // Izvestija vysshix učeбnyh zavedenij. Stroitel'stvo. – 2001. – № 4. – S. 85-90.

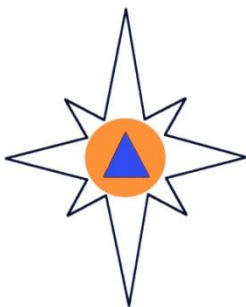
ENVIRONMENTAL INFORMATION SYSTEMS IN THE ENTERPRISE

The problems of creating an enterprise environmental information systems to reduce the impact on the production environment. The problems ekoinformatsionnoy system and the system of information security management across the enterprise.

Keywords: *ecological system, information security, againfor information system*

Жидко Е.А.,
проф., к.т.н., доц.,
Воронежский государственный технический университет,
Россия, г. Воронеж,
e-mail: lenag66@mail.ru.

Zhidko E.A.,
Prof., Cand. Tech. Sci., Ass. Prof.,
Voronezh State Technical University,
Russia, Voronezh,
e-mail: lenag66@mail.ru.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 621.396.96

О ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ДО ДВУХТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ УГЛОВОМ ПОЛОЖЕНИИ ПРИ ПРИЕМЕ НА ПРОДОЛЬНО-ПРОТЯЖЕННУЮ АНТЕННУ

М.М. Жуков, А.В. Мальцев, Д.В. Картавцев

Показано что для увеличения точности оценки дальности можно использовать апертуру источника излучения. Знание размера двухточечного источника излучения существенно увеличивает точность оценки дальности, определяемую по его полю излучения. Для расширения возможности применения этого метода оценки предложено использовать регистрацию электромагнитного поля в объеме.

Ключевые слова: дисперсия оценки дальности, продольно-протяженная антенна, детерминированный узкополосный сигнал.

Преимущества в точности оценки дальности до совокупности двух точечных излучателей, которую в случае жесткой механической связи можно назвать двухточечным источником, показана в работе [1]. Как следует из [1], для увеличения точности оценки дальности можно использовать апертуру источника излучения при наличии априорных сведений о структуре и размере источника. Так знание размера двухточечного источника излучения существенно увеличивает точность оценки дальности, определяемую по его полю излучения, если же размеры источника неизвестны, то точность оценки дальности уменьшается и равна точности оценки дальности до точечного источника [1, 2].

Для расширения возможности применения этого метода оценки в [3] предложено использовать регистрацию электромагнитного поля в объеме. В работе [4] показано, что при регистрации сигнала на объёмную приёмную антенну от совокупности двух независимых излучателей с известным угловым положением точность оценки дальности повышается даже при неизвестном размере источника.

Связанные механически два точечных излучателя встречаются достаточно часто: свет автомобильных фар, габаритные огни, двигатели самолетов и т.д. Для определения потенциальной точности оценки дальности по пространственному распределению поля положим, что источники излучают гармонический сигнал. Геометрия задачи показана на рис.1. Начало системы координат приемной антенны расположим в центре сечения объёмной антенны так, что координаты крайних точек в направлении оси Ox равны $-L/2, L/2$, а в направлении оси Oz равны $-l/2, l/2$. Начало системы координат O' связанной с источником излучения поместим в середину линии соединяющей два излучателя, находящиеся на расстоянии d друг от друга. Геометрическими параметрами источника излучения являются размер d и угол ориентации θ , отсчитываемый относительно линии визирования $O'O'$ и нормали \vec{V} к линии соединяющей излучатели.

Тогда электромагнитное поле от излучателей 1 и 2 поступает в точку \vec{r} приемной антенны и напряженность электрического поля равна:

$$E(t, \vec{r}, \vec{q}) = \sum_{i=1}^2 \frac{A_i}{\rho_i} \cos\{\omega_0[t - (\rho_i(\vec{r}, \vec{q}) - R) / c] - \varphi_i\} \quad (1)$$

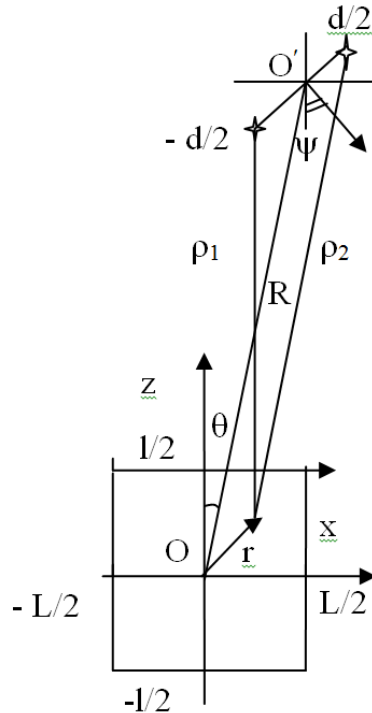


Рис. 1. Геометрия расположения двухточечного источника излучения.

где c – скорость распространения колебаний, ρ_i – расстояние от i -того излучателя до точки приема, $\vec{q} = \{R, \theta\}$ – вектор неизвестных параметров.

$$\rho_i(\vec{r}, \vec{q}) = \left\{ \left[x - R \sin \theta - (-1)^i (d/2) \cos(\Psi - \theta) \right]^2 + \left[x - R \sin \theta - (-1)^i (d/2) \cos(\Psi - \theta) \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

Прием осуществляется на фоне помехи $\mathbf{n}(t, \vec{r})$, которая представляет собой белый гауссовский шум со спектральной плотностью N_0 . Тогда поле $\zeta(t, \vec{r})$ в точке \vec{r} приемной антенны имеет случайный характер и равно:

$$\zeta(t, \vec{r}) = E(t, \vec{r}, \vec{q}) + \mathbf{n}(t, \vec{r}) \quad (3)$$

Положим, что излучатели разрешаемые, тогда приемник максимального правдоподобия построенный по алгоритму изложенному в работе [1] при $p=2$ вырабатывает напряжение $M(\vec{q})$.

$$\max_{\pi} M(\pi, \vec{q}) = M(\vec{q}) = \frac{\eta(\vec{q}) \hat{Q}^{-1} \eta^T(\vec{q})}{2} \quad (4)$$

по положению максимума которого определяется значение оцениваемых параметров в частности дальности, где $\pi = \{X_1, X_2, Y_1, Y_2\}$ – матрица 1×4 , где $X_i = A_i \cos \varphi_i, Y_i = A_i \sin \varphi_i$ – неизвестные амплитуды и начальные фазы элементарных излучателей при $i=1,2$.

$$\eta(\vec{q}) = \{X_1(\vec{q}), X_2(\vec{q}), Y_1(\vec{q}), Y_2(\vec{q})\} \text{ – матрица } 1 \times 4 \text{ с элементами}$$

$$\left. \begin{matrix} X_i(\vec{q}) \\ Y_i(\vec{q}) \end{matrix} \right\} = \frac{2}{N_0} \int_0^T \int_V \zeta(t, \vec{r}) \begin{Bmatrix} \cos \\ \sin \end{Bmatrix} [\omega_0(t - \tau_i)] dt d\vec{r},$$

$$\hat{Q} \equiv \hat{Q}(\vec{q}) = \hat{z}^2 Q(\vec{q}) = \hat{z}^2 \begin{Bmatrix} Q_c(\vec{q}) & Q_s(\vec{q}) \\ -Q_s(\vec{q}) & Q_c(\vec{q}) \end{Bmatrix}$$

матрица 4×4 с блоками $Q_c(\vec{q}) = \|Q_{cij}(\vec{q})\|; Q_s(\vec{q}) = \|Q_{sij}(\vec{q})\|$ – размером 2×2 , элементы которых определяются соотношением

$$\left. \begin{matrix} Q_{cij}(\vec{q}) \\ Q_{sij}(\vec{q}) \end{matrix} \right\} = \frac{1}{V_0 T} \int_0^T \int_V \begin{Bmatrix} \cos \\ \sin \end{Bmatrix} [\omega_0(\tau_i - \tau_j)] dt d\vec{r}$$

$\tau_i \equiv \tau_i(\vec{q}, t, \vec{r}); \tau_j \equiv \tau_j(\vec{q}, t, \vec{r}); \hat{z}^2 = V_0 T / N_0$ – энергетическое отношение сигнал-помеха, для

колебания излучателя с единичной амплитудой; $V_0 = \int_V d\vec{r}$ – объем приемной антенны, $i, j=1,2$.

Исследуем характеристики оценки дальности при различном количестве априорных сведений об источнике излучения. Положим, что источник излучения расположен не ближе зоны Френеля приемной антенны, а приемная антенна расположена не ближе зоны Френеля источника.

Тогда разложим расстояние ρ_i (2) в ряд по малым параметрам $L/R, l/R, d/R$ и ограничимся в разложении членами второго порядка малости, что достаточно для описания поля в приближении Френеля. В результате временная задержка τ_i имеет вид

$$\tau_i = \frac{\rho_i(\vec{r}, \vec{q}) - R}{c} = \frac{1}{c} \left[-x \sin \theta - z \cos \theta + (-1)^i \frac{d}{2} \sin \Psi + \frac{1}{2R} \left(x \cos \theta - z \sin \theta - (-1)^i \frac{d}{2} \cos \Psi \right)^2 \right] \quad (5)$$

Точность оценки максимального правдоподобия для разрешаемого источника при $z_0^2 \gg 2$, где $z_0^2 = \hat{z}^2 (A_{01}^2 + A_{02}^2)$, A_{01}^2, A_{02}^2 – истинные значения амплитуд источников излучения, определяется корреляционной матрицей [1]:

$$K(\bar{q}_m / \bar{q}_0, A_{0i}, \varphi_{0i}) = \omega_0^2 z_0^{-2} \left\| \sum_{i=1}^p \alpha_{ii} (\mathbf{g}_{knii} - \mathbf{g}_{ki} \mathbf{g}_{ni}) \right\|^{-1} \quad (6)$$

где $\alpha_{ii} = A_{0i}^2 / (A_{01}^2 + A_{02}^2)$, а интегралы, входящие в корреляционную матрицу оценок параметров сложного разрешаемого источника для приведенной геометрической задачи равны имеют вид

$$q_{knii} = \frac{1}{L\ell} \int_{-L/2}^{L/2} \int_{-1/2}^{1/2} \frac{\partial \tau_i}{\partial q_{1k}} \frac{\partial \tau_i}{\partial q_{2k}} dx dz \quad (7)$$

$$q_{ki} = \frac{1}{L\ell} \int_{-L/2}^{L/2} \int_{-1/2}^{1/2} \frac{\partial \tau_i}{\partial q_k} dx dz \quad (8)$$

Рассмотрим случай когда $\bar{q} = \{R, \theta\}$ Тогда подставляя (5) в (7), (8) и, обращая матрицу (6) размером 2×2 , получим, что дисперсия оценки дальности до двухточечного источника с неизвестным угловым положением определяется по следующей формуле

$$D(R_m / R_0, \theta_0) = \frac{R_0^2 180}{z_0^2 \pi^2} [b_2^4 + b_3^4 + 5b_1^2 b_2^2 + 15a_{12}^2 + 15a_{13}^2 +$$

$$+ \left\{ \frac{[\beta (5b_2 b_2^2 + 2b_2^2 + 15a_{12} b_1) - \alpha (5b_2^2 b_2 + 2b_3^2 + 15a_{12} b_1)]^2}{\alpha^2 (15b_1^2 + 5b_2^2 + 4b_3^2) + \beta^2 (15b_1^2 + 4b_2^2 + 5b_3^2) + 60R^2 (b_2^2 + b_3^2) + 10\chi b_2^2 b_3^2} \right\}^{-1} \quad (9)$$

где $b_1 = \frac{d \cos \psi}{\sqrt{\lambda R}}, b_2 = \frac{d \cos \theta}{\sqrt{\lambda R}}, b_3 = \frac{d \sin \theta}{\sqrt{\lambda R}}, a_{12} = b_1 b_2, a_{13} = b_1 b_3$ – числа Френеля,
 $\alpha = 1 \cos \theta, \beta = L \sin \theta, \chi = \lambda R.$

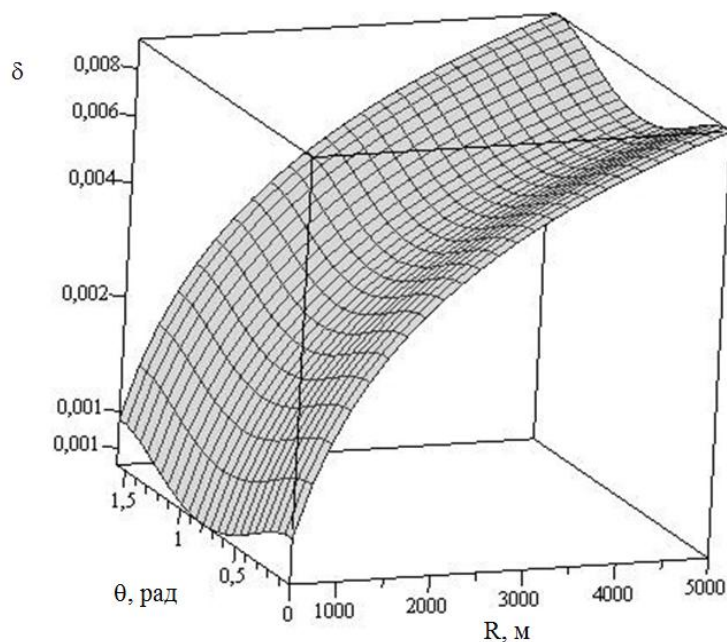


Рис. 2. Зависимость среднеквадратического уклонения дальности от расстояния до излучателя и углового положения.

Из поведения графика видно, что априорное незнание углового положения излучателя не оказывает существенного влияния на точность оценки дальности. Таким образом, этот результат позволяет говорить о том, что в случае неизвестного углового

положения двухточечного источника излучения, положив угол ориентации равным нулю точность оценки дальности существенно не изменится, при регистрации колебаний на продольно-протяженную антенну.

Библиографический список

1. Лукин А.Н., Трифонов А.П. Оценка параметров сложной цепи при пространственно-временной обработке сигналов / А.Н. Лукин, А.П. Трифонов // Радиотехника и электроника. – 1986. – Т. 31. – №5. – С. 883 – 890.
2. Трифонов А.П. Предельная точность оценки координат сложного дискретного источника случайного сигнала / А.П. Трифонов, В.Б. Манелис // Изв. вузов Радиоэлектроника. – 1986. – Т.29. – №8. – С. 36 – 40.
3. Карташов М.В. Оценка дальности до двухточечного источника излучения по пространственному распределению поля / М.В. Карташов // VIII Международная научно-техническая конференция «Радиолокация навигация связь». – Воронеж, 2002. – С. 500-505.
4. Лукин А.Н. Измерение дальности до совокупности двух излучателей при приеме колебаний на объемную антенну / А.Н. Лукин, М.В. Карташов // Радиотехника. – 2002. – №11. – С. 66–69.

References

1. Lukin A.N., Trifonov A.P. Ocenka parametrov slozhnoj cepi pri prostranstvenno-vremennoj obrabotke signalov / A.N. Lukin, A.P. Trifonov // Radiotekhnika i jelektronika. – 1986. – T. 31. – №5. – S. 883 – 890.
2. Trifonov A.P. Predel'naja tochnost' ocenki koordinat slozhnogo diskretnogo istochnika sluchajnogo signala / A.P. Trifonov, V.B. Manelis // Izv. vuzov Radiojelektronika. – 1986. – T.29. – №8. – S. 36 – 40.
3. Kartashov M.V. Ocenka dal'nosti do dvoutochechnogo istochnika izlucheniya po prostranstvennomu raspredeleniju polja / M.V. Kartashov // VIII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Radiolokacija navigacija svjaz'». – Voronezh, 2002. – S. 500-505.
4. Lukin A.N. Izmerenie dal'nosti do sovokupnosti dvuh izluchatelej pri prieme kolebanij na ob'emnuju antenu / A.N. Lukin, M.V. Kartashov // Radiotekhnika. – 2002. – №11. – S. 66–69.

**ABOUT ACCURACY OF ASSESSMENT
OF RANGE TO THE POINT-TO-POINT SOURCE OF RADIATION
AT UNKNOWN ANGULAR SITUATION AT RECEPTION
ON THE LONGITUDINALLY STRETCHED ANTENNA**

It is shown that for increase in accuracy of assessment of range it is possible to use source aperture of radiation. Knowledge of the size of a point-to-point source of radiation significantly increases the accuracy of assessment of range determined by its radiation field. For expansion of a possibility of application of this method of assessment it is offered to use filing of an electromagnetic field in volume.

Keywords: *dispersion of assessment of range, the longitudinally stretched antenna, the determined narrow-band signal.*

Жуков Михаил Михайлович,

к.т.н.,

Воронежский институт МВД России;

Россия, г. Воронеж;

e-mail: zhukovmm@vimvd.ru

Zhukov M.M.,

Cand. of Tech. Sci.,

Russia, Voronezh,

e-mail: zhukovmm@vimvd.ru

Мальцев Александр Владимирович,

к.т.н.,

Воронежский институт ГПС МЧС России;

Россия г. Воронеж;

e-mail: fastmen@list.ru

Malcev A.V.,

Cand. of Tech. Sci.,

Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of the Russia,

Russia, Voronezh

e-mail: fastmen@list.ru

Картавец Дмитрий Владимирович,

к.т.н.,

Воронежский институт ГПС МЧС России;

Россия г. Воронеж;

e-mail: dmitry.kartavcev@gmail.com

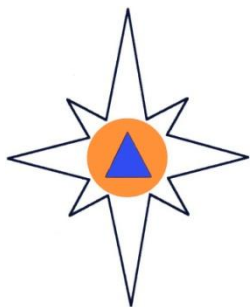
Kartavcev D.V.,

Cand. of Tech. Sci.,

Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of the Russia,

Russia, Voronezh

e-mail: dmitry.kartavcev@gmail.com.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 614.841:311.313

АНАЛИЗ ОБСТАНОВКИ С ПОЖАРАМИ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ НИХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 10 МЕСЯЦЕВ 2016 ГОДА (ПО МАТЕРИАЛАМ ДЕПАРТАМЕНТА НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ МЧС РОССИИ)

В кратком изложении отчета Департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России приведены статистические данные о количестве пожаров, их причинах и последствиях в Российской Федерации за 10 месяцев 2016 года.

Ключевые слова: количество пожаров, количество погибших, причины пожаров, последствия пожаров.

За 10 месяцев 2016 года оперативная обстановка с пожарами в Российской Федерации по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (АППГ) характеризовалась следующими основными показателями:

- зарегистрировано 112 тыс. 024 пожара (-6,2%);
- погибло на пожарах 6 тыс. 524 человека

(-11,0%), в том числе 332 ребенка (-8,8%);

- получили травмы на пожарах 7 тыс. 863 человека (-13,5%);

- прямой материальный ущерб причинён в размере 9,5 млрд рублей (-53,8%);

- зарегистрировано 279 тыс. 213 выездов пожарных подразделений на ликвидацию загораний (-22,3%).

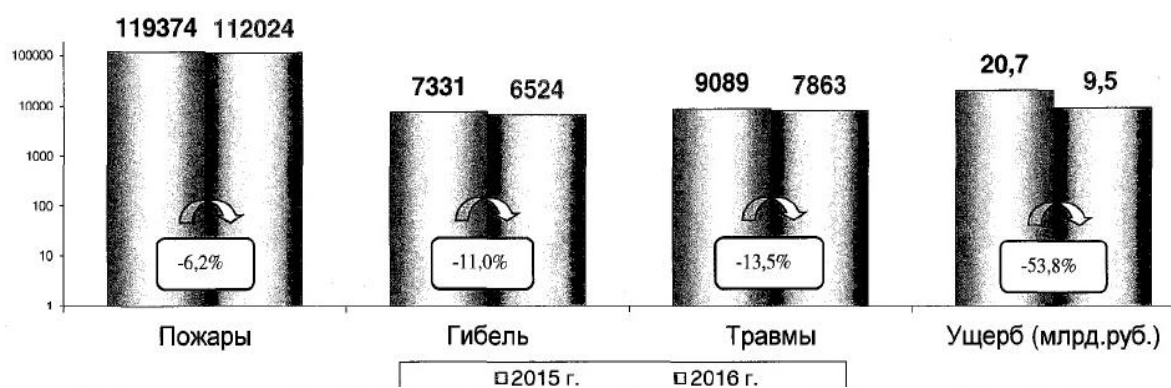


Рис. 1. Количество пожаров и их последствия в Российской Федерации.

Подразделениями ГПС на пожарах спасено 37 тыс. 652 человека и материальных ценностей на сумму более 47,0 млрд рублей.

В результате профилактической работы, проведенной надзорными органами МЧС России с

населением и персоналом, а также благодаря эффективной работе систем противопожарной защиты, эвакуировано на пожарах 73 тыс. 430 человек.

Ежедневно происходило 369 пожаров, на которых погибал 21 человек и 26 человек получали

травмы, огнем уничтожалось 96 строений, 19 единиц автотракторной техники. Ежедневный материальный ущерб составлял 31,4 млн рублей.

В 29 субъектах Российской Федерации зарегистрировано увеличение количества погибших на пожарах детей.

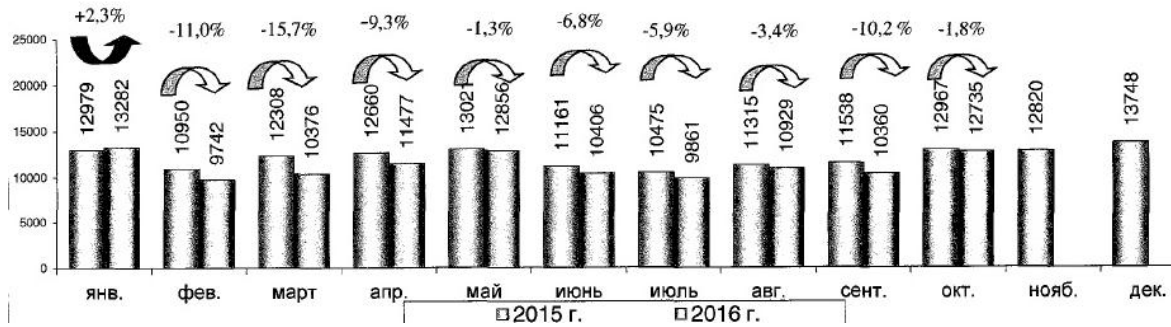


Рис. 2. Распределение количества пожаров по месяцам.

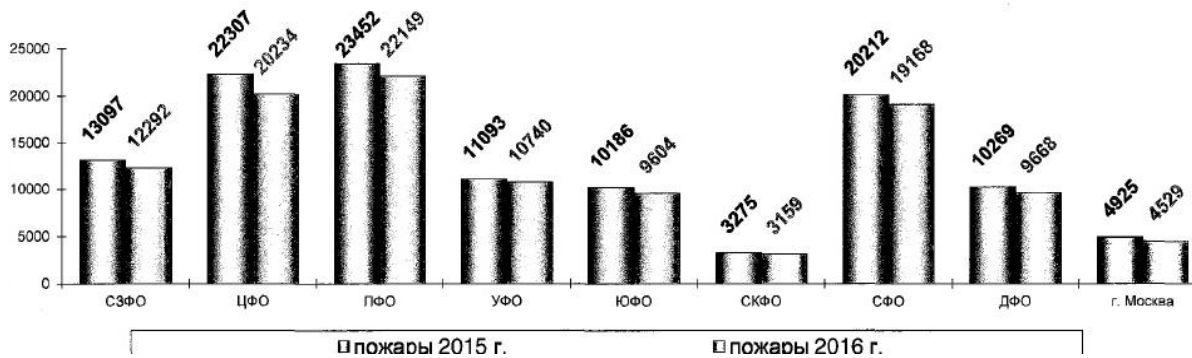


Рис. 3. Распределение количества пожаров по федеральным округам.

Динамика количества пожаров по федеральным округам в сравнении с АППГ: Северо-Западный -6,1%; Центральный -9,3%;

Приволжский -5,6%; Уральский -3,2%; Южный -5,7%; Северо-Кавказский -3,5%; Сибирский -5,2%; Дальневосточный -5,9%; г. Москва -8,0%.

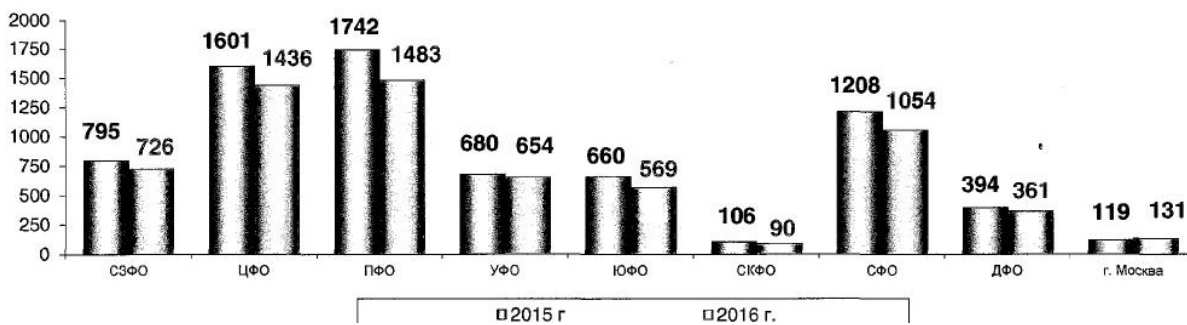


Рис. 4. Количество погибших людей по федеральным округам.

Снижение количества погибших людей зарегистрировано в Северо-Западном федеральном округе на 8,7%, Центральном - на 10,3%, Приволжском - на 14,9%, Уральском - на 3,8%,

Южном - на 13,8%, Северо-Кавказском - на 15,1%, Сибирском - на 12,7%, Дальневосточном - на 8,4%.
Отмечается рост количества пожаров в г. Москве - на 10,1%.

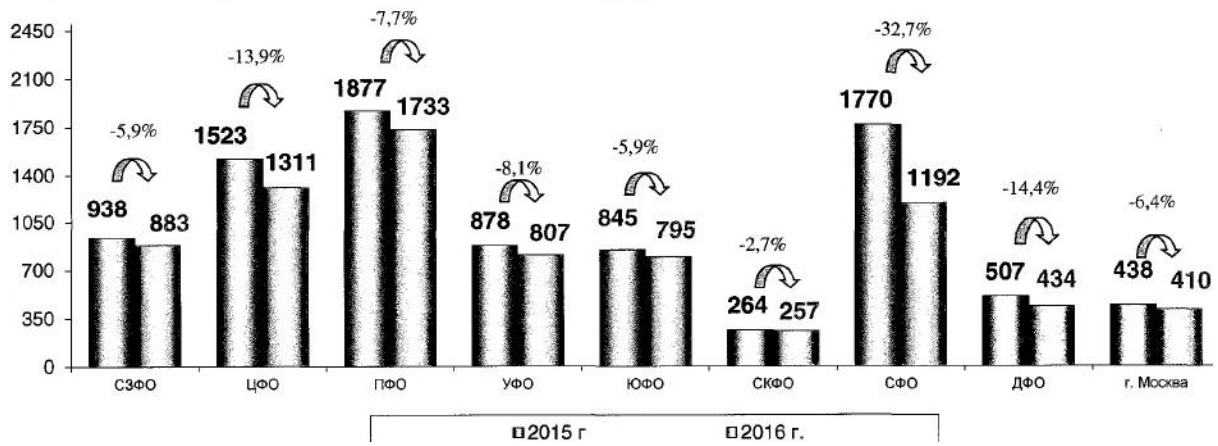


Рис. 5. Количество травмированных людей по федеральным округам.

За 10 месяцев 2016 года наибольшее количество пожаров происходило по воскресеньям – 17777 (15,9% от общего количества), наименьшее – по четвергам – 14812 (13,2%).

Больше всего людей погибло по субботам – 1037 человек (15,9% от общего количества), меньше всего по четвергам – 822 человека (12,6%).

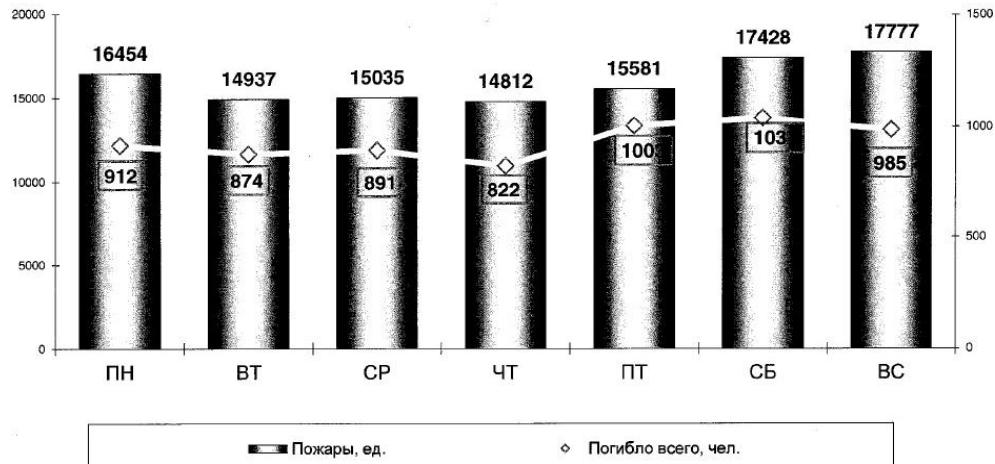


Рис. 6. Распределение количества пожаров и погибших людей по дням недели.

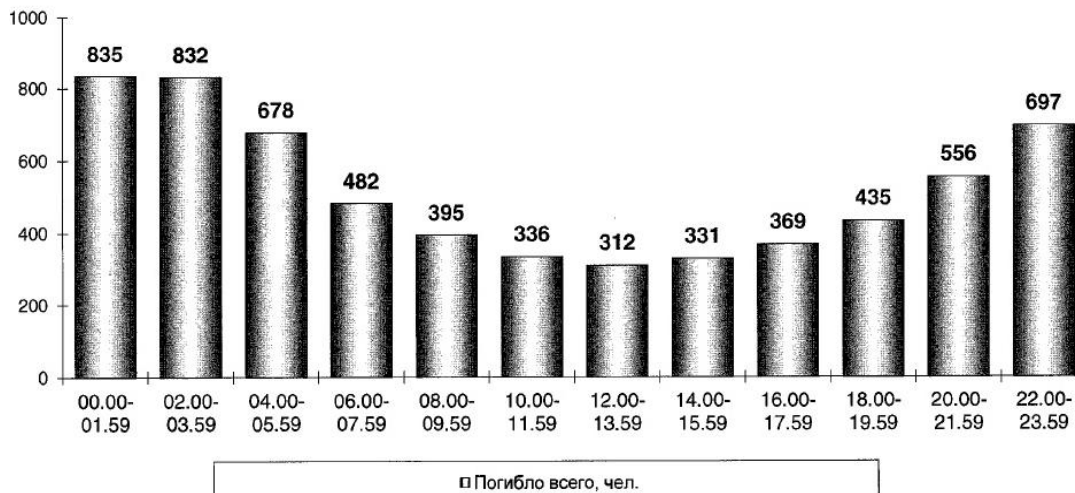


Рис. 7. Количество погибших людей по часам суток.

Основное время суток, когда погибали люди,
– это ночные часы.
Так, в период с 00.00 до 2.00 часов погибло

835 человек. Всего же за вечернее и ночное время
(с 18.00 до 6.00 часов) погибло 4033 человека
(61,8% от общего количества).

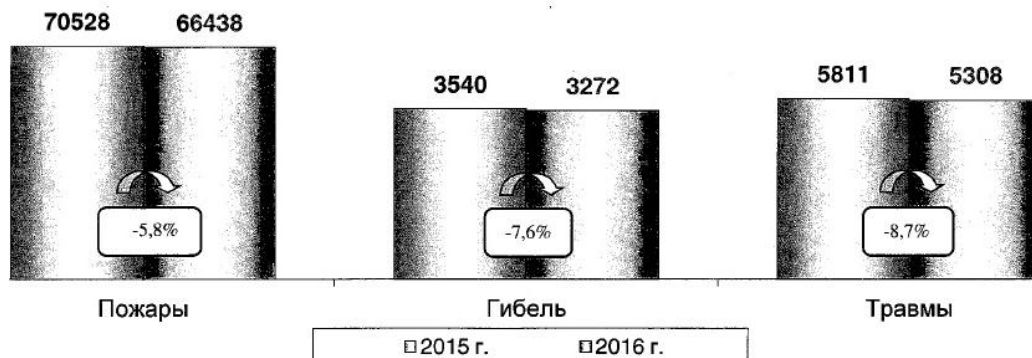


Рис. 8. Количество пожаров и их последствий в городах.

В городах Российской Федерации за 10 месяцев 2016 года зарегистрировано:
– 66438 пожаров (-5,8%);
– прямой материальный ущерб причинен в размере 4590,3 млн. руб. (-65,3%);
– погибло 3272 человека (-7,6%), в том числе

161 ребёнок (-2,4%);
– получили травмы 5308 человек (-8,7%);
На города пришлось 59,3% от общего количества пожаров, 48,1% материального ущерба, 50,2% числа погибших при пожарах людей и 67,5% травмированных.

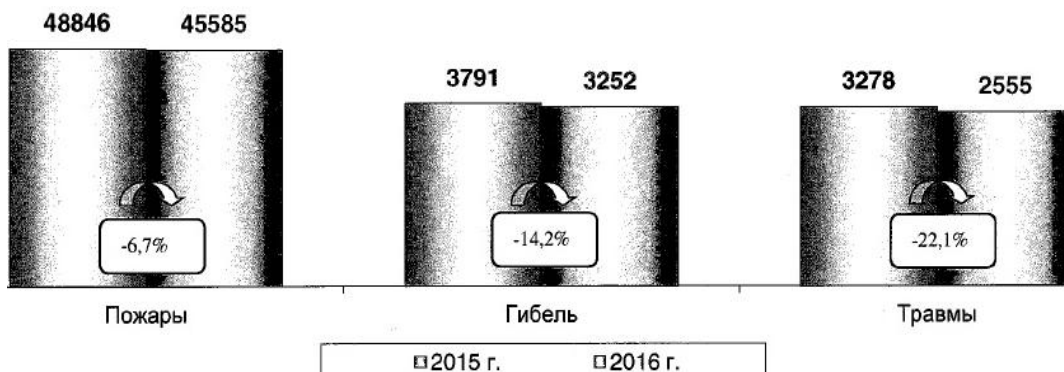


Рис. 9. Количество пожаров и их последствий в сельской местности.

В сельской местности Российской Федерации за 10 месяцев 2016 года зарегистрировано:
– 45585 пожаров (-6,7% к АППГ);
– прямой материальный ущерб причинен в размере 4958,4 млн руб. (-33,1%);
– погибло 3252 чел. (-14,2%), в том числе 171 ребёнок (-14,1%);
– получили травмы 2555 человек (-22,1%);
На сельскую местность пришлось 40,7% от общего количества пожаров, 51,9% материального ущерба, 49,8% числа погибших на пожарах людей и 32,5% травмированных.

На предприятиях, охраняемых подразделениями ФПС МЧС России, за 10 месяцев 2016 года зарегистрировано:
– 1638 пожаров (+11,6%);
– прямой материальный ущерб причинен в размере 310,7 млн руб. (-83,2%);
– погибло 122 человека (-4,7%); в том числе 11 детей (+175,0%);
– получили травмы 121 человек (0,8%).
На предприятия, охраняемые подразделениями ФПС МЧС России, пришлось 1,5% от общего количества пожаров, 3,3% материального ущерба, 1,9% числа погибших на пожарах людей и 1,5% травмированных.

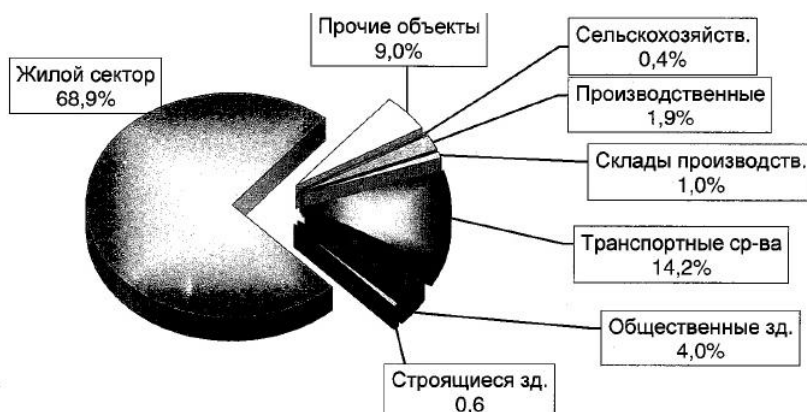


Рис. 10. Распределение количества пожаров по основным объектам.

Наибольшее количество пожаров зарегистрировано в жилом секторе. Их доля от общего числа пожаров по России составила 68,9%. Гибель людей на пожарах в жилом секторе от общего количества по стране составила 91,8%, людей, получивших травмы – 71,5%.

По сравнению с АППГ снижение количества пожаров зарегистрировано на следующих основных видах объектов: в зданиях общественного (-5,9%), сельскохозяйственного (-5,6%), складского (-1,8%), жилого (-5,6%) и производственного назначения (-

8,5%), транспортных средствах (-8,5%), строящихся (-18,9%) и прочих объектах (-5,6%).

Чаще всего пожары происходили в жилых (спальных) комнатах – 21587 случаев (19,3% от общего количества), на кухнях – 6789 (6,1%), в саунах – 7406 (6,6%) и на чердаках зданий – 6544 (5,8%). Наибольшее количество тел погибших людей было обнаружено в жилых комнатах – 3729 (57,2% от общего количества), на кухнях – 743 (11,4%) и на верандах, террасах – 532 (8,2%).

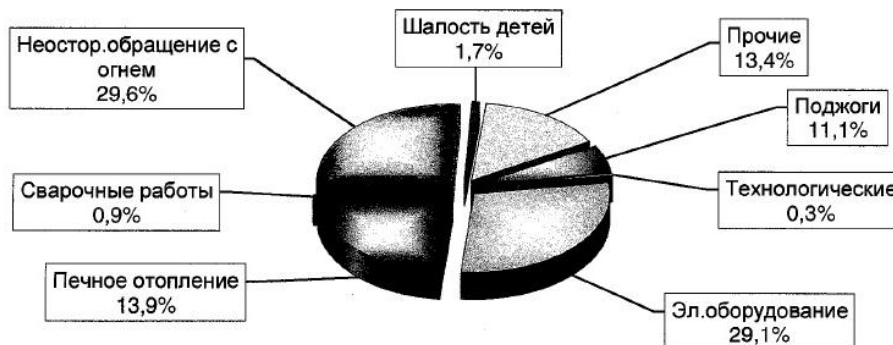


Рис. 11. Распределение количества пожаров по основным причинам.

За 10 месяцев 2016 года от неосторожного обращения с огнём произошло 33108 пожаров (29,6% от общего количества пожаров), на которых погибло 3835 человек (58,8% от общего количества) и 3860 человек получили травмы (49,1% от общего количества).

Значительное количество пожаров произошло по причинам нарушений правил устройства и эксплуатации электрооборудования (29,1% от общего количества), нарушений правил эксплуатации печного отопления (13,9% от общего количества) и по прочим причинам (13,4% от общего количества).

Зарегистрировано уменьшение количества пожаров по следующим основным причинам их возникновения: поджоги (-18,2%), неисправности производственного оборудования, нарушения технологического процесса производства (-8,0%), неосторожное обращение с огнём (-12,0%), неосторожного обращения детей с огнём (-10,4%), нарушения ППБ при проведении электрогазосварочных и огневых работ (-11,1%), нарушения ПУиЭ электрооборудования (-1,9%), нарушения ПУиЭ печей (-0,6%). Рост количества пожаров зарегистрирован по прочим причинам (+7,3%).

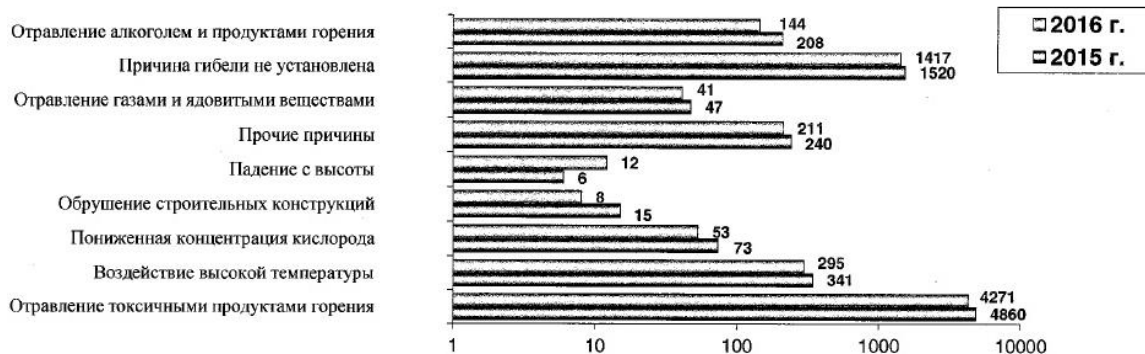


Рис. 12. Основные причины гибели людей на пожарах.

Вследствие воздействия продуктов горения погибло 4271 человек (65,5% от общего количества), от воздействия высокой температуры – 295 человека (4,5%). Причину гибели людей не удалось установить в 1417 случаях (в 21,7% от общего количества погибших).

На пожарах больше погибало лиц мужского пола – 4572 (70,1% от общего количества погибших), женщин – 1853 (28,4% от общего количества).

На пожарах погибло пенсионеров – 2192 человека (33,6% от общего количества погибших), безработных – 1539 человек (23,6%), людей рабочих специальностей – 767 человек (11,8%), нетрудоспособных иждивенцев (инвалидов) – 411 человек (6,3%) и лиц без определенного места жительства – 239 человек (3,7%).

За 10 месяцев 2016 года зарегистрировано 24 пожара с групповой гибелью людей (пять и более человек), на которых погибло 164 человека (в 2015

г. произошло 14 пожаров, погибло 97 человек) в: Северо-Западном (2 пожара, 11 погибших), Центральном (4 пожара, 22 погибших), Приволжском (6 пожаров, 40 погибших), Уральском (3 пожара, 23 погибших), Сибирском (4 пожара, 22 погибших), Дальневосточном (2 пожара, 10 погибших) федеральных округах и г. Москве (3 пожара, 36 погибших).

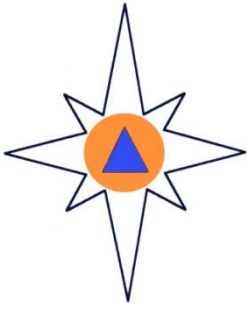
Относительные показатели, характеризующие оперативную обстановку с пожарами за 10 месяцев 2016 года по Российской Федерации, следующие:

- количество пожаров, приходящихся на 100 тыс. населения, – 76,59 (за АППГ – 81,71);
- средний ущерб, приходящийся на один пожар, – 85,24 тыс. рублей (172,99);
- количество погибших на пожарах людей на 100 тыс. населения – 4,46 (5,02);
- количество травмированных на пожарах людей на 100 тыс. населения – 5,38 (6,22).

**ANALYSIS OF THE SITUATION WITH FIRES
AND CONSEQUENCES
FROM THEM ON THE TERRITORY OF
THE RUSSIA FEDERATION
IN 10 MONTHS OF 2016
(ACCORDING TO THE MATERIALS
OF THE DEPARTMENT
OF SUPERVISION AND PREVENTIVE WORK
OF EMCRCOM OF RUSSIA)**

In the report of Department of supervising activity and scheduled maintenance statistical data on the number of fires, their reasons and consequences are provided in the Russian Federation in 2015.

Keywords: number of fires, number of victims, reasons of fires, consequences of fires.



МАТЕРИАЛЫ VII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

УДК 159.9

УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ Я-КОНЦЕПЦИЯ КУРСАНТА – БУДУЩЕГО СОТРУДНИКА ГПС МЧС РОССИИ

Ю.Г. Хлоповских

Рассмотрено влияние учебно-профессиональной Я-концепции на формирование комплекса профессиональных компетенций, развитие профессионально значимых качеств личности, успешность его работы в МЧС России.

Ключевые слова: Я-концепция, профессиональная компетенция, МЧС России, поведение, индивид.

Я-концепция образует ядро человеческой личности и представляет собой относительно устойчивую, в большей или меньшей степени осознаваемую систему представлений индивида о себе, на основе которой он относится к самому себе и строит взаимодействие с другими людьми. Как системное психическое образование Я-концепция включает ряд компонентов и реализуется в когнитивной, эмоциональной и поведенческой сферах.

По аналогии с представлениями о сущности и составляющих Я-концепции выстраивается научное понимание профессиональной Я-концепции. А.А. Деркач определяет профессиональную Я-концепцию как сложное личностное образование, формирующееся под воздействием профессиональной среды и в результате активного включения субъекта в профессиональную деятельность. От уровня сформированности профессиональной Я-концепции зависит процесс развития профессионала, темп, успешность овладения профессиональной деятельностью, вхождение в профессиональную общность [1].

Исходя из этого, учебно-профессиональную Я-концепцию курсанта ведомственного вуза можно рассматривать как интегративное свойство личности, аккумулирующее представления о себе как субъекте учебно-профессиональной деятельности. Учебно-профессиональная Я-концепция курсанта включает оценку и самооценку собственных профессионально значимых свойств и качеств, возможностей и ограничений, соответствия личных ценностей

профессиональным, соотношения жизненной и профессиональной стратегий и др.

Учебно-профессиональная Я-концепция, по аналогии с общей Я-концепцией и профессиональной Я-концепцией, включает три компонента:

1) когнитивный компонент – образ своих профессионально релевантных качеств, способностей, уровня профессиональных знаний и др.;

2) эмоционально-оценочный компонент – переживание индивидом собственных представлений о себе как субъекте учебно-профессиональной деятельности, самооценка как курсанта и будущего сотрудника, самоуважение или самоуничижение, оценка социальной значимости профессии и т.д.;

3) поведенческий компонент – действия, которые предпринимает индивид, исходя из системы представлений о себе как курсанте и будущем профессионале, социальные установки в отношении себя и окружающих.

В процессе обучения курсант проходит не только стадию взросления, переход от юношеского возраста к социально зрелому возрасту, но и приобретает множество новых качеств, как профессиональных, так и личностных, благодаря чему трансформируется отношение курсанта к самому себе, восприятие своего «Я».

То, как оценивает себя курсант, как он представляет себя в роли будущего специалиста, какова его Я-концепция, к какому идеалу стремится, влияет на его отношение к будущей профессиональной деятельности и в итоге

определяет успешность его работы в правоохранительных органах. Представление будущего профессионала о себе и своей ценности, знание об объективном вкладе его в общее дело составляет центральное место в Я-образе будущего специалиста. В процессе приобретения опыта представления о себе пополняются, уточняются, перестраиваются. Это является основой самоконтроля, саморегуляции поведения и самовоспитания, планирования деятельности с учетом своих возможностей [2].

В соответствии с функциями общей Я-концепции можно выделить основные функции учебно-профессиональной Я-концепции курсанта ведомственного вуза:

– достижение внутренней согласованности личности с требованиями, предъявляемыми учебно-профессиональной деятельностью;

– интерпретация жизненного и основ профессионального опыта, получаемого курсантом в процессе учебно-профессиональной деятельности;

– определение ожиданий в отношении своего профессионального будущего.

В случае столкновения противоречащих друг другу представлений, чувств, идей, относящихся к представлениям человека о себе как личности, курсанте, будущем сотруднике ГПС МЧС России, возникает ощущение психологического дискомфорта. Стараясь избежать внутреннего дискомфорта, сохранить внутреннее равновесие, индивид либо принимает новый опыт (если он не противоречит его представлениям о себе как личности и будущем профессионале); либо включает механизм отрицания и отказывается видеть вещи такими, какие они есть; либо стремится изменить каким-либо образом себя или ситуацию, окружающих людей.

Существенное значение для формирования конструктивной учебно-профессиональной Я-концепции имеют организация образовательной деятельности и ее психолого-педагогическое сопровождение.

Применительно к учебно-профессиональной деятельности курсантов ведомственного вуза под психолого-педагогическим сопровождением понимается система деятельности психологической службы, руководящего, командного и преподавательского состава, направленная на создание социально-психологических и психолого-педагогических условий для успешной деятельности и учебно-профессионального развития курсантов в образовательной ситуации.

Курсанты в процессе профессиональной подготовки переживают напряженные ситуации жизнедеятельности, связанные со спецификой обучения в ведомственном вузе (четкий распорядок

дня, вплоть до административной регламентации личного времени и досуга; жесткая субординация; деиндивидуализация системы самостоятельной подготовки курсантов, выполнения служебных обязанностей).

Учебно-профессиональная деятельность курсантов ведомственного вуза сопряжена с высокой вероятностью возникновения в их жизнедеятельности ситуаций экстремального характера. Профессиональный психологический отбор в образовательные учреждения МЧС России позволяет диагностировать социально-психологические, индивидуально-психологические и психофизиологические особенности будущих курсантов, спрогнозировать уровень академической успеваемости, нормативности поведения, сформировать группу особого психологического внимания, а также выявить индивидов, не соответствующих требованиям, предъявляемым к сотрудникам МЧС России. Основная трудность заключается в том, что специфика службы, совмещенной с учебной, придает жизнедеятельности курсантов повышенную напряженность, которая усугубляется жесткими требованиями руководства к моральным и волевым качествам курсантов.

К внутренним факторам развития учебно-профессиональной Я-концепции относятся представления курсантов о себе и своей работе в будущем, профессиональная самооценка, соответствие личностных особенностей профессиональным требованиям, степень сформированности профессиональных компетенций, а также развития профессиональной ментальности как способа мыслить и действовать, исходя из особенностей профессиональной деятельности.

При этом необходимо учитывать, что представления курсантов о себе и своих возможностях в процессе обучения в вузе могут привести к формированию внутреннего конфликта, когда Я-профессиональное вступает в противоречие с Я-личностным. Это, в свою очередь, отражается на общем стиле поведения, внося в него выраженную деструктивность, а в дальнейшем может повлиять и на профессиональную деятельность.

Существенное значение для успешной учебно-профессиональной деятельности курсантов ведомственного вуза, будущих сотрудников МЧС России, формирования не только необходимого комплекса профессиональных компетенций, но и определенной профессиональной ментальности, развития профессионально значимых качеств личности, а также профилактики эмоционального выгорания имеет становление конструктивной учебно-профессиональной Я-концепции.

Библиографический список

1. Деркач А.А. Акмеологические основы развития профессионала / А.А. Деркач. – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2004. – 752 с.
2. Климов Е.А. Знание о себе в учении и труде / Е.А. Климов // Профессионально-техническое образование. – 1970. – № 10. – С. 52-54.

References

1. Derkach A.A. Akmeologicheskie osnovy razvitija professionala / A.A. Derkach. – M.: Izdatel'stvo Moskovskogo psihologo-social'nogo instituta; Voronezh: NPO «MODJeK», 2004. – 752 s.
2. Klimov E.A. Znanie o sebe v uchenii i trude / E.A. Klimov // Professional'no-tehnicheskoe obrazovanie. – 1970. – № 10. – S. 52-54.

TRAINING AND PROFESSIONAL SELF-CONCEPT OF THE STUDENT – A FUTURE EMPLOYEE STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

The influence of educational and professional self-concept on the formation of the complex of professional competences, the development of Professional significant qualities of the personality, the success of his work in the EMERCOM of Russia.

Keywords: self-concept, professional competence, Ministry of emergencies, behavior, individual.

Хлоповских Юлия Геннадьевна,
психолог,
к.псих.н., доц.,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
Россия, Воронеж.

Khlopovskikh Y.G.,
psychologist,
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of the Russia,
Russia, Voronezh.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Б.А. Альжанов, О.Г. Горовых

Проанализированы методы ликвидации разливов нефти на водных объектах. Приведены результаты экспериментов по осаждению нефти.

Ключевые слова: ликвидация разливов нефти, водные объекты, осаждение нефти, аварийные разливы нефти.

Во всех технологиях ликвидации разливов нефти решающее (критическое) значение имеет время: как от момента поступления на водную поверхность до начала ликвидации, так и общее время, затрачиваемое на проведение работ по сбору нефти.

Если разлившаяся нефть может быть эффективным образом локализована у источника или быстро удалена с водной поверхности, то общие экологические последствия будут гораздо менее тяжелыми, чем в случае, когда весь объем разлитой нефти, ничем не ограниченный, попадает в окружающую среду.

Широко используемые методы борьбы с нефтяным загрязнением воды, как: защита плавучими ограждениями (бонами); выжигание тяжелых нефтяных фракций; механический сбор нефти; обработка нефтяного пятна бактериями, разлагающими углеводороды; применение новых специально разработанных диспергирующих агентов; использование различных видов сорбентов, имеют свои недостатки.

Основной недостаток механического сбора - это его применение только при определенной толщине пленки нефти: 10 мкм – предельная толщина для применения технологий механического сбора нефти.

Причем толщина слоя нефти при разливе, если не говорить о постоянном истечении нефти из места повреждения ее нахождения, может поддерживаться необходимой величины в пределах 4-х часов, затем ее растекание приводит к критическому уменьшению толщины и, соответственно, неэффективному использованию скиммеров.

Если рассмотреть процесс ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) с использованием метода осаждения (затопления) нефти, то по сравнению с другими методами можно указать на некоторые преимущества: ликвидация загрязнения в течение нескольких суток (зависит от скорости поступления осадителя); скорость осаждения нефтепродуктов достаточно велика и при правильно выбранном осадителе и его дисперсности может составлять не менее 0,1 м/с в водной среде; отсутствует ограничение по толщине пленки нефтепродукта, пленка любой толщины может быть осаждена данным методом; ограничивается общая площадь загрязнения, так как скорость переведения

нефти в осажденное состояние зависит только от количества поданного осадителя; уменьшается общий объем воды, содержащей растворенную и эмульгированную нефть; снижается площадь водной поверхности с пленкой из нефтепродуктов, что не препятствует поступлению кислорода в объем водного объекта; используется относительно недорогой материал для проведения ЛАРН. Кроме того, при соответствующих глубинах и погодных условиях возможно поднятие осажденного нефтепродукта со дна водного объекта в удобное для данной операции время.

Недостатки метода затопления, которые обычно используют, как основной аргумент против реализации данной технологии ЛАРН, - это загрязнение дна водоема. Однако слой нефтепродукта, который является безопасным для обитателей дна, составляет менее 0,1 мг/дм³ (по данным С.М. Драчева). Слой такой толщины и большей всегда образуется при осаждении окисленной за счет естественных процессов, фракций тяжелой нефти. При использовании механических или иных методов ЛАРН, которые длятся длительное время (иногда до полугода), часть нефти всегда будет окислена и попадет на дно. Это приводит к загрязнению больших площадей дна. При использовании метода «затопления» загрязненная донная площадь будет достаточно небольшой. Осажденный толстый слой загрязнения будут иметь вид стационарного, а не «передвижного источника» загрязнения. И бороться с ним будет менее сложно.

Так как максимальная концентрация живых организмов находится в поверхностном слое, основная задача должна состоять в освобождении именно этого слоя от аварийных нефтяных загрязнений, что в большей мере реализуется при использовании метода затопления нефти. Кроме того, наличие нефтяных углеводородов и масел в донных отложениях способствует интенсивному накоплению в них хлорированных углеводородов и металлов, что способствует очистке водной массы от этих загрязнителей. Не стоит забывать, что процесс перехода других загрязняющих веществ из донных отложений в воду в присутствии нефти замедляется. Воздействие нефтяных разливов на биологические объекты показывает, что наибольший урон наносится птицам. При осаждении нефти, особенно если операция проведена в сжатые сроки и площадь

осаждения будет невелика, урон, нанесенный от такой операции, скажется в основном на популяции донных обитателей. Коэффициент уязвимости, который, не оценен более чем в 3 единицы, в то время как донные отложения имеют коэффициент уязвимости не более 1.

Экспериментальная часть. При проведении экспериментов по осаждению нефти использовали следующие материалы: трепел месторождения «Стальное» Хотимского района Могилевской области Республики Беларусь, доломит месторождение Руба (Витебская обл.) и смесь данных материалов соотношении 1:1 и 3:2. И нефть месторождения НГДУ «Речицанефть».

Осаждение нефти проводили следующим образом: прямоугольную полимерную емкость размером 500x500x500 мм заполняли водопроводной водой на высоту 450 мм. В центр водной поверхности выливали 100 г нефти. Сразу же начинали покрывать нефтяной слой порошком осадителя различной дисперсности. Определяли: количество осадителя, необходимого для полного осаждения 100 г нефти, время, необходимое для осаждения и отстаивания водной субстанции, количество нефтепродуктов в объеме воды через двое суток после осаждения. Результаты осаждения представлены в таблице. Наличия нефтепродуктов осуществляли на фотозлектроколориметре КФК-2.

Таблица

Масса осадителя и время осаждения 100 г нефти

Осадитель нефти	Дисперсность, размер ячейки сита, мм	Масса осадителя, г	Время полного осаждения, мин.
Трепел	0,9	350	35
Трепел	0,5	290	50
Трепел	0,09	390	Не осаждает
Доломит	0,9	285	50
Доломит	0,5	230	65
Трепел : доломит 1:1	0,5	215	70
Трепел : доломит 3:2	0,5	240	65

Из представленных результатов видно, что скорость и качество осаждения нефти зависят от вида осадителя и его дисперсного состава. Масса осадителя в среднем должна превышать массу осаждаемой нефти в три раза. При тонком помеле полного осаждения нефти не происходило.

Осажденная нефть на поверхность не поднималась за период наблюдения – 7 дней. Но в случае механического возмущения слоя она

всплывала в небольшом количестве.

При выборе технологии ликвидации аварийных разливов нефти и разработке планов ликвидации необходимо рассматривать и технологию «затопление» нефти как один из вариантов, и в некоторых случаях наиболее приемлемый для защиты прибрежной зоны, птиц и других уязвимых обитателей территории чрезвычайной ситуации.

USING THE METHOD OF FLOODING IN THE LIQUIDATION OF OIL SPILLS ON WATER BODIES

The methods of liquidation of oil spills on water bodies. The results of experiments on the deposition of oil.

Key words: *oil spill response, water bodies, sedimentation of oil, accidental oil spills.*

Альжанов Б.А.,

заместитель генерального директора, ТОО «SEMSER OrtSondirushi», Республика Казахстан, Астана.

Alzhanov B.A.,

Deputy Director General, LLP «SEMSER OrtSondirushi», Republic Of Kazakhstan, Astana.

Горовых О.Г.,

проф., к.т.н., доц., филиал «Института переподготовки и повышения квалификации» Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, Республика Беларусь, Минская область, пос. Светлая Поляна.

Horovi O.G.,

Prof., Ph. D., Ass. Prof., branch «Institute of retraining and advanced training» University of civil protection of EMERCOM of Belarus, Republic of Belarus, Minsk region, Svetlaja Roshna.

ДИНАМИКА ПАТЕНТОВАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РОССИИ (1994–2014 гг.)

В.И. Евдокимов, Д.А. Поташев

В статье рассмотрено современное состояние патентования в области пожарной безопасности. Объектом для исследования послужили электронные ресурсы Федерального института промышленной собственности Роспатента.

Ключевые слова: динамика патентования, пожарная безопасность, патент, изобретение, Роспатент, научные изобретения.

Согласно ст. 1350 [1] изобретение – техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, к устройству, веществу и пр.) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств). Изобретению предоставляется правовая охрана и выдается патент на 20 лет, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо.

Объект исследования составили электронные ресурсы Федерального института промышленной

собственности Роспатента [2]. При поиске задавали сокращенные поисковые слова «пожар* OR огнео*», соединенные оператором присоединения, позволяющего находить их в названии изобретения или реферате отдельно или вместе. Подробный алгоритм поиска изобретений представлен в [3].

Поиск позволил найти 2939 откликов на патенты по пожарной безопасности (ПБ). На рис. 1 изображена динамика патентования отечественных изобретений. Полиномиальный тренд при коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,69$) показывает увеличение количества изобретений.

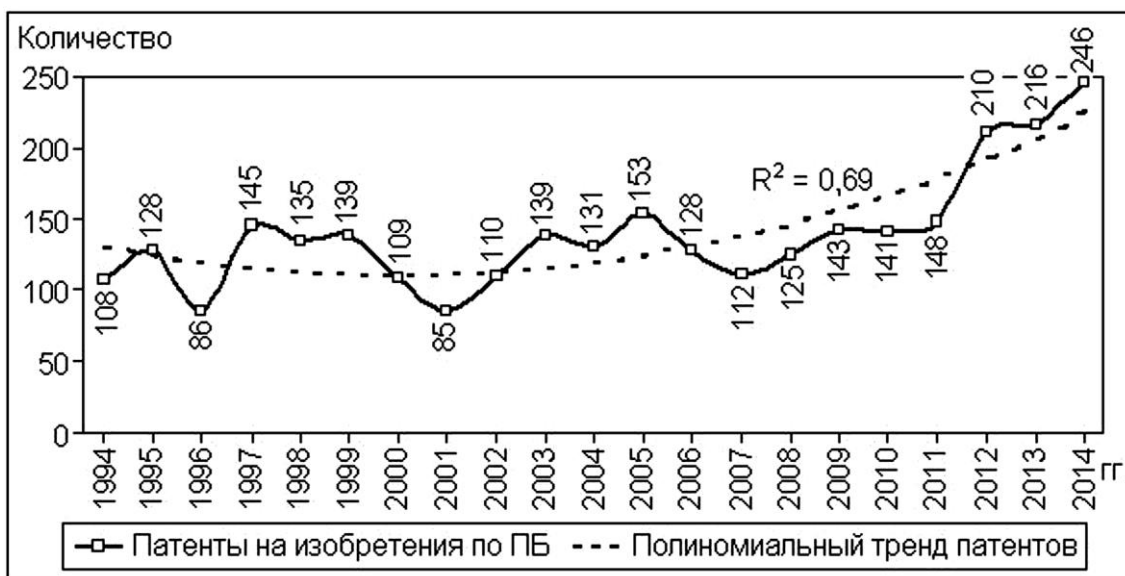


Рис. 1. Динамика патентования изобретений по пожарной безопасности в России.

Библиографические записи отечественных патентов на изобретения по ПБ и их рефераты представлены в публикациях [4]. В анализируемый период в России ежегодно патентовалось по $(24,8 \pm 1,2)$ тыс. изобретений, в том числе (140 ± 9) изобретений по ПБ, которые в общей сложности составили $(0,56 \pm 0,02)$ % от общего массива

изобретений. На рис. 2 представлена динамика доли изобретений по ПБ от общего массива изобретений в России. Полиномиальный тренд при низком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,06$) приближается к прямой горизонтальной линии и свидетельствует об устойчивом показателе вклада изобретений по ПБ.

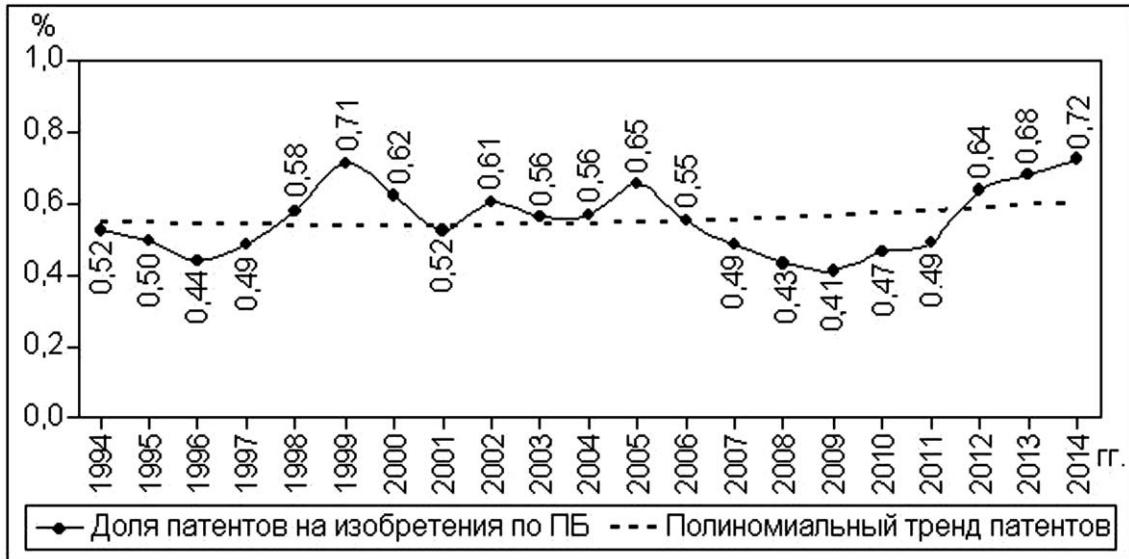


Рис. 2. Доля изобретений по пожарной безопасности в общем массиве патентов в России.

На основании Технического регламента [5] изобретения по ПБ разделили на обобщенные группы. Оказалось, что за 21 год (1994–2014 гг.) физико-химическим основам развития и прекращения горения, взрывопожароопасности были посвящены 16,2 % изобретений, организации пожаротушения и проведение аварийно-спасательных работ – 7,1 %, ПБ зданий и сооружений – 5,8 %, ПБ лесов – 6,1 %, ПБ технологических процессов и производств 16 %, – пожарной технике, оборудованию и снаряжению – 33,6 %, ПБ электроустановок – 3 %, производственной и пожарной автоматике – 11,9 %,

расследованию правонарушений в сфере ПБ – 0,3 % (рис. 3).

Информационные ресурсы Федерального института промышленной собственности открывают большие возможности авторам изобретений и научным работникам. В отдаленном режиме бесплатно пользователь может ознакомиться с рефератами (справочно-информационный ресурс «Информационно-поисковая система», <http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS>) и полными текстами (ресурс «Открытые реестры», <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>) отечественных патентов.

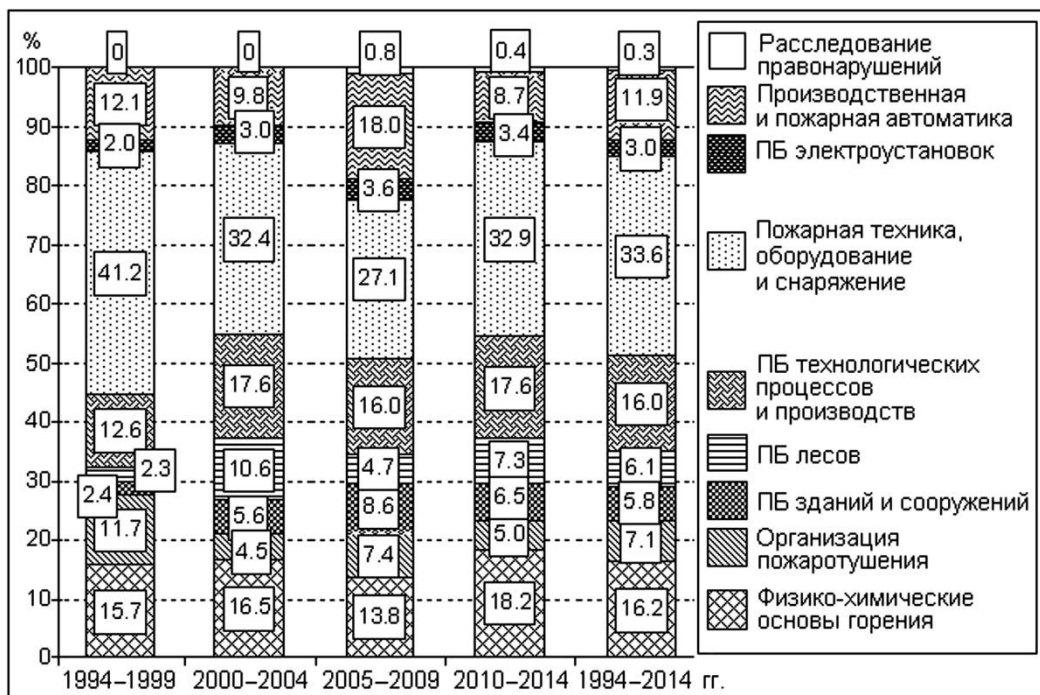


Рис. 3. Структура отечественных патентов на изобретения по пожарной безопасности в России.

Библиографический список

1. Комментарий к Гражданскому кодексу Российской Федерации (постатейный). Часть четвертая / Э.П. Гаврилов [и др.]. – М.: Проспект, 2009. – 800 с.
2. Информационные ресурсы. Федер. ин-т пром. собственности (ФИПС) Роспатента. [Электронный ресурс]. URL: <http://www1.fips.ru>. дата обращения: 13.07.16).
3. Евдокимов В.И. Анализ изобретений класса А 62 – «Спасательная служба; противопожарные средства» Международной патентной классификации в России (1994–2011 гг.) / В.И. Евдокимов, Т.Г. Горячкина, Т.Н. Эриванцева // Пожарная безопасность. – 2011. – № 4. – С. 113–121.
4. Евдокимов В.И. Пожарная безопасность : аннот. указ. отеч. патентов на изобретения / В.И. Евдокимов, Т.Г. Горячкина, Д.А. Поташев ; Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, С.-Петерб. ун-т Гос. противопожар. службы МЧС России. – СПб. : Политехника сервис, 2013. – Вып. 1 [1994–1999 гг.]. – 272 с. ; Вып. 2 [2000–2004 гг.]. – 252 с. ; 2014. – Вып. 3 [2005–2009 гг.]. – 315 с. ; Вып. 4 [2010–2013 гг.]. – 344 с. ; 2015. – Вып. 5 [2014 г.]. – 119 с.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.08 №123-ФЗ // Российская газета. – 2008. – №163.

References

1. Kommentarij k Grazhdanskomu kodeksu Rossijskoj Federacii (postatejnyj). Chast' chetvertaja / Je.P. Gavrilov [i dr.]. – M.: Prospekt, 2009. – 800 s.
2. Informacionnye resursy. Feder. in-t prom. sobstvennosti (FIPS) Rospatenta. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www1.fips.ru>. data obrashhenija: 13.07.16).
3. Evdokimov V.I. Analiz izobretenij klassa A 62 – «Spasatel'naja sluzhba; protivopozharnye sredstva» Mezhdunarodnoj patentnoj klassifikacii v Rossii (1994–2011 gg.) / V.I. Evdokimov, T.G. Gorjachkina, T.N. Jerivanceva // Pozharnaja bezopasnost'. – 2011. – № 4. – S. 113–121.
4. Evdokimov V.I. Pozharnaja bezopasnost' : annot. ukaz. otech. patentov na izobrenenija / V.I. Evdokimov, T.G. Gorjachkina, D.A. Potashev ; Vseros. centr jekstren. i radiac. mediciny im. A.M. Nikiforova MChS Rossii, S.-Peterb. un-t Gos. protivopozhar. sluzhby MChS Rossii. – SPb. : Politehmika servis, 2013. – Vyp. 1 [1994–1999 gg.]. – 272 s. ; Vyp. 2 [2000–2004 gg.]. – 252 s. ; 2014. – Vyp. 3 [2005–2009 gg.]. – 315 s. ; Vyp. 4 [2010–2013 gg.]. – 344 s. ; 2015. – Vyp. 5 [2014 g.]. – 119 s.
5. Tehnicheskij reglament o trebovanijah pozharnoj bezopasnosti : Feder. zakon ot 22.07.08 №123-FZ // Rossijskaja gazeta. – 2008. – №163.

DYNAMICS OF PATENTING OF INVENTIONS ON FIRE SAFETY IN RUSSIA (1994-2014)

The article discusses the current state of patenting in the field of fire safety. The study included electronic resources the Federal Institute of industrial property Rospatent
Key words: dynamics of patenting, fire safety, patent, invention, Rospatent, scientific inventions.

Евдокимов В.И.,

д.м.н., проф.,

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины

им. А.М. Никифорова МЧС России,

Россия, Санкт-Петербург,

e-mail: 9334616@mail.ru.

Evdokimov V.I.,

Dr. Med. Sci. Prof.,

Nikiforov Russia Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia,

Russia, Saint-Petersburg,

e-mail: 9334616@mail.ru.

Поташев Д.А.,

ст. преподаватель,

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы

МЧС России,

Россия, Санкт-Петербург.

Potashev D.A.,

senior lecturer,

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

Russia, Saint-Petersburg.

СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА АВТОСТОЯНКЕ

С.В. Шарапов, И.О. Литовченко, А.С. Крутолапов

Предложена модель возникновения пожара на автостоянке путем применения математической модели стохастического или вероятностного метода описания процессов на основе теории конечных цепей Маркова.

Ключевые слова: *процесс возникновения пожара, развитие пожара, пожарная нагрузка, противопожарное расстояние, автотранспорт.*

Установление обстоятельств возникновения и развития пожара на открытых автостоянках за последнее время приобретает особую актуальность. Статистические данные свидетельствуют о том, что пожары в автотранспорте по количеству и причиненному ущербу сегодня стабильно занимают высокую позицию после пожаров в жилье. В то же время расследование и проверка по делам, связанным с пожарами на автотранспорте, происходит сложно и, как правило, в условиях неочевидности.

Одним из основных факторов, влияющим на возникновение и развитие пожара, – является структурирование пожарной нагрузки. Структурирование пожарной нагрузки зависит от расстояния между горючими объектами. Противопожарные расстояния – это нормированные расстояния между объектами, установленные для предотвращения развития пожара между ними. Для зданий, сооружений и (или) строений в настоящее время противопожарные расстояния нормируются в соответствии с СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

Термин «противопожарное расстояние» определяет расстояние между объектами, которое исключает распространение пожара от горящего объекта на окружающие горючие предметы. Основными факторами, влияющими на величину противопожарного разрыва между горючими объектами, являются:

1. Непосредственное воздействие пламени (открытого огня) на горючие конструкции. Кроме расстояния между объектами, на этот фактор оказывают влияние мощность очага пожара, размеры горящего объекта, скорость ветра и другие природные и случайные факторы.

2. Горячие частицы (искры), способные преодолевать значительные расстояния, не теряя своей зажигающей способности.

3. Конвективный поток, переносящий нагретые, не полностью сгоревшие частицы горения и дыма.

4. Тепловое излучение (тепловой поток) измеряется в кВт/кв. метр. Существуют зависимости поджигающей способности теплового потока и расстояния до горючих материалов [1, 2].

Однако в настоящее время противопожарное расстояние для автотранспорта не нормируется. Для зданий и сооружений различных классов функциональной пожарной опасности действует СП 4.13130, утвержденный приказом МЧС России от 24 апреля 2013 г. Но и в нем нет утвержденной методики для расчета расстояния между зданиями и сооружениями, то есть рассчитать противопожарные расстояния нельзя.

Важность процесса возникновения горения в автомобилях способствовала созданию различных моделей, позволяющих с необходимой точностью его описывать. Классические модели пожара (интегральная, зонная и полевая) не позволяют исследовать сам момент поджигания (возникновения горения). Наибольшее применение находят методы стандартных испытаний. Получить полную картину пожарной опасности таким способом довольно сложно. Полномасштабные испытания являются дорогостоящими и трудоемкими.

Для оценки возникновения горения рассмотрим математическую модель стохастического или вероятностного метода описания процессов на основе теории конечных цепей Маркова [3].

В процессе зажигания участвуют две составляющие: источник зажигания и пожарная нагрузка. Источник зажигания и пожарная нагрузка могут находиться в двух устойчивых состояниях. Первое устойчивое состояние, когда горение отсутствует, второе устойчивое состояние – состояние успешного горения. Известно, что между двумя устойчивыми состояниями существует промежуточный – режим тления. Процессы горения и затухания проходят через этот режим.

При анализе марковских процессов удобно использовать графы состояния. Каждому состоянию цепи Маркова на схеме (рис.) соответствует круг с номером состояния внутри него (вершина графа). Если из состояния в состояние возможен одношаговый переход, то вершины графа соединяются дугой со стрелкой.

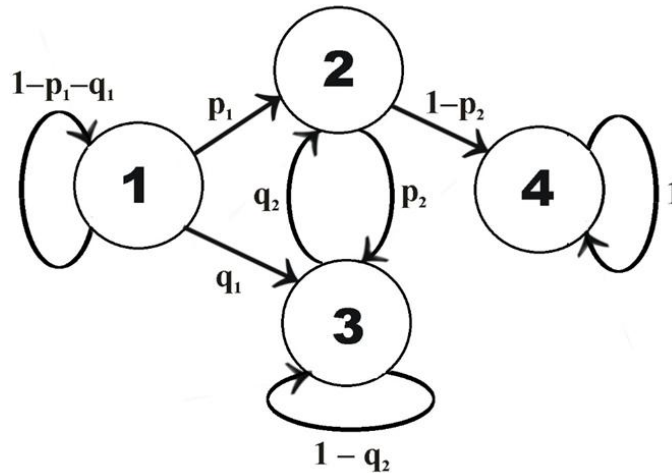


Рис. Представление модели зажигания с помощью графов.

В предложенной модели зажигания вершине 1 соответствует источник зажигания. Источник зажигания может с вероятностью p_1 создать режим тления, что соответствует вершине 2, с вероятностью q_1 привести к пламенному горению (вершина 3) или продолжать нагревать пожарную нагрузку с вероятностью $1 - p_1 - q_1$. Режим тления (вершина 2) может перейти в пламенное горение с вероятностью p_2 или полностью затухнуть (вершина 4) с вероятностью $1 - p_2$. Пламенное горение (вершина 3) может перейти в режим тления с вероятностью q_2 или с вероятностью $1 - q_2$ перейти в устойчивое пламенное горение. Режим прекращения горения (вершина 4) является поглощающим.

Тогда матрица переходных вероятностей будет выглядеть следующим образом:

$$P = \begin{pmatrix} 1 - p_1 - q_1 & p_1 & q_1 & 0 \\ 0 & 0 & p_2 & 1 - p_2 \\ 0 & q_2 & 1 - q_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

где номер строки обозначает состояние, из которого происходит переход, а номер столбца – состояние, в которое процесс переходит.

Удобно придать матрице P несколько иной, – канонический вид, объединив все эргодические состояния в одну группу и все невозвратные состояния – в другую группу. Тогда каноническая форма матрицы переходных состояний будет иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} S & \vdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ R & \vdots & Q \end{pmatrix}$$

Из теории Марковских цепей следует, что среднее время, которое проводит процесс в каждом состоянии, всегда конечно, и что эти средние времена определяются матрицей N , где

$$N = (I - Q)^{-1}$$

Вероятность прекращения пожара или перехода его в следующий режим определяется матрицей:

$$B = N * R$$

Среднее время нахождения в каждом состоянии можно найти из матрицы

$$\tau = N * E$$

Предложенная модель возникновения горения позволяет, используя математический аппарат теории вероятности, проанализировать условия, определяющие характер зажигания в зависимости от характеристики источника зажигания, пожарной нагрузки и окислителя. Процесс зажигания длится с момента соприкосновения источника зажигания с пожарной нагрузкой и формирования очага пламени до установления режима устойчивого распространения пламени или прекращения горения.

Таким образом, стохастическое моделирование процессов возникновения горения позволяет получить следующие важные результаты:

1. Определить относительное время возникновения устойчивого пламенного горения или прекращения горения в зависимости от пожарной нагрузки и условия воздухообмена.
2. Рассчитать вероятность возникновения тлеющего режима на определенных стадиях возникновения горения.
3. Оценить относительную вероятность склонности пожарной нагрузки к тлению или горению в случае возникновения пожара.

Библиографический список

1. Артамонов В.С. Расследование пожаров / В.С. Артамонов [и др.] – СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2007. – 500 с.
2. Моторыгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций / Ю.Д. Моторыгин, М.А. Галишев // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2013. – № 4 (28). – С.59-64.
3. Моторыгин Ю.Д. Математическое моделирование развития горения автомобиля / Ю.Д. Моторыгин, Д.В. Косенко // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2014. – № 2. – С. 45-50.

References

1. Artamonov V.S. Rassledovanie požharov / V.S. Artamonov [i dr.] – SPb: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MChS Rossii, 2007. – 500 s.
2. Motorygin Ju.D. Stohasticheskie metody prinjatija reshenij dlja umen'shenija verojatnosti vzniknovenija chrezvychajnyh situacij / Ju.D. Motorygin, M.A. Galishev // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Problemy upravlenija riskami v tehnosfere». – 2013. – № 4 (28). – S.59-64.
3. Motorygin Ju.D. Matematicheskoe modelirovanie razvitija gorenija avtomobilja / Ju.D. Motorygin, D.V. Kosenko // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii. – 2014. – № 2. – S. 45-50.

STOCHASTIC MODELING

PROCESSES OF EMERGENCE OF FIRES IN THE PARKING LOT

The proposed model of emergence of a fire in the Parking lot by applying a mathematical model of a stochastic or probabilistic method of describing the processes based on the theory of finite Markov chains.

Key words: *process of fire, development of fire, fire load, fire safety distance, vehicles.*

Шарапов С.В.,
д.т.н., проф.,
начальник института НИИПИИИТвОБЖ,
Россия, Санкт-Петербург.

Sharapov S.V.,
Dr.Tech. Sci., Prof.,
The head of the Institute,
Russia, Saint-Petersburg.

Литовченко И.О.,
преподаватель-методист,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, Санкт-Петербург.

Lytovchenko I.O.,
teacher-methodist,
St. Petersburg State University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.

Крутолапов А.С.,
д.т.н., проф.,
заместитель начальника института,
Россия, Санкт-Петербург.

Krutoirop A.S.,
Dr.Tech. Sci., Prof.,
Deputy head of the Institute,
Russia, Saint-Petersburg.

ПЕРКОЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОТКРЫТЫХ АВТОСТОЯНКАХ

Ю.Д. Моторыгин, И.О. Литовченко

В статье рассматриваются принципы формирования управленческого решения при возникновении пожара на открытых автомобильных стоянках с помощью математического аппарата прогнозирования возникновения и развития пожаров.

Ключевые слова: управленческие решения, прогнозирование пожаров, пожар, стоянка автотранспорта, моделирование пожара.

За последние десять лет в России автомобильный парк, особенно легкового транспорта, возрос в несколько раз. С ростом автомобильного транспорта по различным причинам увеличивается и количество пожаров, возникающих в нем. Необходимо отметить также, что если прирост легкового автомобильного транспорта за последние 2 года несколько сократился, то рост количества пожаров, а особенно на открытых автомобильных стоянках, даже возрос в среднем на 12%.

Современная система оценки пожарной опасности включает в себя различные методы стандартных испытаний для определения показателей пожарной опасности [1, 2] и методы исследования динамики горения при полномасштабных испытаниях. Наибольшее применение находят методы стандартных испытаний. Получить полную картину пожарной опасности таким способом довольно сложно, так как испытания проводятся для определения одного показателя пожарной опасности, при этом используются строго фиксированные значения термических воздействий на материалы. Другие пожароопасные свойства оцениваются уже при иных условиях.

Целью данной статьи является исследование принципов формирования управленческого решения при возникновении пожара на открытых автомобильных стоянках с помощью математического аппарата прогнозирования возникновения и развития пожаров.

Возникновение и распространение пожара на открытых автостоянках – сложный физико-химический процесс, зависящий от множества факторов. Существует ряд моделей (интегральные, зональные, полевые), которые описывают процессы развития чрезвычайных ситуаций. Кроме традиционных моделей, в последнее время получили распространение недетерминированные математические модели.

Детерминированные модели пожаров (интегральные, зонные и полевые) вводят большое количество допущений, усреднений и приближений, чтобы с помощью

дифференциальных уравнений приближённо описать процесс распространения пожара. Процесс развития пожара можно оценить на решётках, покрывающих исследуемую область, с использованием марковских моделей. Однако в пожарной практике часто требуется проанализировать связь развития горения с расположением пожарной нагрузки. Для этого рассмотрим физические закономерности развития пожара с помощью решетки, рассматривая процесс распространения (протекания) пламени сквозь определенную среду [3, 4].

Явление перколяции (или протекание через среду) применительно для развития процесса горения можно определить:

- средой, в которой наблюдается это явление (пожарной нагрузкой);
- источником зажигания, который определяет начальный процесс протекания в этой среде;
- способом протекания среды, который зависит от окислителя, поддерживающего горение (окислительно-восстановительную реакцию).

Обычно перколяционную модель рассматривают для решеточной системы, хотя она может быть применена к произвольным сетям, конечным и бесконечным графам и т.д. [3].

При классическом подходе рассматривают бесконечную квадратную решетку, узлы которой «заняты» независимо друг от друга некоторыми объектами с вероятностью $p < 1$. В роли таких объектов могут выступать картонные кубики, деревья, дачные домики, автомобили на стоянке, структурированная пожарная нагрузка и т.д. Доля не занятых («пустых») узлов решетки равна $1 - p$. При этом требуется определить: образуют ли занятые узлы непрерывный путь от нижнего края решетки до верхнего. Под непрерывным понимается путь, соединяющий один занятый узел решетки с соседним занятым узлом решетки. (Соседями данного узла считаются узлы, расположенные в непосредственном соседстве от него к северу, югу, востоку или западу.) Если такой путь существует, то говорят, что решетка перколирует. Наименьшая плотность x занятых

узлов, при которой бесконечная решетка перколирует, является критической плотностью или порогом перколяции x_c . Расчеты по методу Монте-Карло для бесконечной квадратной решетки дают значение порога перколяции $x_c \approx 0,59275$.

При исследовании перколяции вводится понятие кластера, под которым понимается совокупность связанных узлов. Ими могут быть как удаленные (блокированные) узлы, так и узлы, участвующие в передаче огня. Если $x < x_c$, то в системе есть только кластеры из конечного числа узлов, и поэтому развитие пожара будет локализовано и горение прервется. При $x > x_c$ обязательно появятся узлы, принадлежащие бесконечному кластеру. Этот бесконечный кластер обеспечит отличную от нуля и независимую от размеров системы удельную величину распространения огня $\sigma(x)$.

В результате исследования перколяционных процессов [4] были установлены эмпирические зависимости вида:

$$P_{СК}(x) = k(x - x_c)^{2\nu}$$

где $P_{СК}(x)$ - функция, представляющая долю узлов, принадлежащих скелету бесконечного кластера, ν - эмпирический коэффициент, а k - коэффициент пропорциональности.

Приведенную зависимость можно представить в виде отношения

$$\frac{P_{СК}(x)}{P(x)} = k(x - x_c)^{\nu - \beta}$$

в двумерном случае, а в трехмерном случае

$$\frac{P_{СК}(x)}{P(x)} = k(x - x_c)^{2\nu - \beta}$$

Здесь β - эмпирический коэффициент для зависимости $P(x)$.

Таким образом, теория перколяции позволяет связать очень большое количество объектов при условии, что связь каждого объекта со своими соседями носит случайный характер, но при этом задаётся вполне определённым способом (например, с помощью генератора случайных чисел, обладающего конкретными свойствами).

Процессы перколяции на стандартных решетках достаточно удобно рассчитывать с помощью стандартных математических алгоритмов. Но в реальных условиях пожарная нагрузка распределена не равномерно и обладает различными способностями к горению. С помощью традиционной евклидовой геометрии определить границы и площадь покрытия таких объектов затруднительно. Для исследования процессов развития горения в данном случае предлагается использовать фрактальную геометрию.

Библиографический список

1. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. - М., 2004. - 450 с.
2. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ и материалов. Анализ и предсказание. Газы и жидкости / В.Т. Монахов - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. - 248 с.
3. Мирясов Е.Ю. Перколяционная модель описания процессов развития чрезвычайных ситуаций / Е.Ю. Мирясов, М.Т. Амамбаев, Ю.Д. Моторыгин // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. - 2013. - № 3. - С. 74-81.
4. Моторыгин Ю.Д. Расчет пожарных рисков на транспорте стохастическим методом / Ю.Д. Моторыгин, Я.А. Баранова, А.О. Латышев // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: материалы научн.-практич. конф. с международным участием. - Воронеж. 2014. - С. 13-16.

References

1. Korol'chenko A.Ja. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ih tushenija: Spravochnik / A.Ja. Korol'chenko, D.A. Korol'chenko. - M., 2004. - 450 s.
2. Monahov V.T. Pokazateli pozharnoj opasnosti veshhestv i materialov. Analiz i predskazanie. Gazy i zhidkosti / V.T. Monahov - M.: FGU VNIPO MChS Rossii, 2007. - 248 s.
3. Mirjasov E.Ju. Perkoljacionnaja model' opisanija processov razvitija chrezvychajnyh situacij / E.Ju. Mirjasov, M.T. Amambaev, Ju.D. Motorygin // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MChS Rossii. - 2013. - № 3. - S. 74-81.
4. Motorygin Ju.D. Raschet pozharnyh riskov na transporte stohasticheskim metodom / Ju.D. Motorygin, Ja.A. Baranova, A.O. Latyshev // Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy: materialy nauchn.-praktich. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. - Voronezh. 2014. - S. 13-16.

PERCOLATION MODEL OF MANAGERIAL DECISION-MAKING TO IMPROVE FIRE SAFETY IN OPEN CAR PARKS

The article considers the principles of formation of managerial decisions in case of fire in open car parks with the help of mathematical apparatus for predicting the occurrence and development of fires.

Key words: *administrative decisions, forecasting of fires, fire, Parking of vehicles, simulation of a fire.*

Моторыгин Ю.Д.,

проф., д.т.н., проф.,

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, Санкт-Петербург.*

Motorigen J.D.,

Prof., Dr.Tech. Sci., Prof.,

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

Литовченко И.О.,

преподаватель-методист,

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, Санкт-Петербург.*

Lytovchenko I.O.,

teacher-methodist,

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОМ ПРИ ВЫБРОСЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ СЖАТЫМИ ГАЗАМИ

Д.С. Котов, В.А. Саечников, С.Г. Котов

В статье изложена методика прогнозирования максимальных зон поражения при выбросе аварийно химически опасных веществ, являющихся сжатыми газами, на примере аммиака.

Ключевые слова: *максимальные зоны поражения, МЗП, опасные факторы пожара, аварийно химически опасные вещества, АХОВ, излучение пожара «огненный шар», пожар.*

В [1] приведен экспресс-метод прогнозирования максимальных зон поражения (МЗП) опасными факторами пожара и взрыва при выбросе аварийно химически опасных веществ (АХОВ), базирующийся на полиномах и использующий минимальное количество исходных данных. Предложенный экспресс-метод прогнозирования МЗП в ряде областей давал данные, существенно отличающиеся от фактических. Для устранения этого недостатка предложен экспресс-метод прогнозирования МЗП, базирующийся на функциональных зависимостях. Теоретические основы данного метода приведены в

[2], где указано, что ход расчета зависит от агрегатного состояния АХОВ.

В настоящей работе излагается методика прогнозирования МЗП при выбросе АХОВ, являющихся сжатыми газами, на примере аммиака.

Исходными данными являются: название АХОВ, величина выброса и вероятности гибели людей, для которой необходимо рассчитать МЗП. Чтобы рассчитать МЗП, необходимо пользоваться таблицей (фрагмент ее для аммиака приведен в таблице 1), определить наиболее вероятный поражающий фактор (ударная волна или тепловое излучение пожара «огненный шар»).

Таблица 1.

Количество аммиака, при котором наиболее вероятным поражающим фактором является ударная волна и тепловое излучение «огненного шара»

Вероятность гибели людей, %	Количество АХОВ		Наиболее вероятный поражающий фактор
	минимальное	максимальное	
1	0	900 кг	ударная волна
50	0	900 кг	ударная волна
99,9	0	122 616 кг	ударная волна
	122 617 кг	900 кг	тепловое излучение

Если поражающим фактором является ударная волна, рассчитывают глубину максимальной зоны поражения, используя формулу [2]:

$$R_{i, \text{ув}} = \begin{cases} \sqrt[3]{(b_1 m)^2} & \text{при } 0 < m \leq m_{\text{max1}} \\ \sqrt[3]{b_2 (m - m_{01}) + R_{i01}^3} & \text{при } m_{01} < m \leq 900 \text{ кг} \end{cases} \quad (1)$$

где $R_{i, \text{ув}}$ – глубина зоны поражения (m) для вероятности гибели людей i (%);

m – масса выброшенного (вылившегося) АХОВ, кг;

m_{max1} – максимальная масса выброшенного АХОВ, при которой расчет ведется по первому уравнению (1), кг;

m_{01} – масса выброшенного АХОВ в точке перехода от одной функциональной зависимости к другой ($m_{\text{max1}} = m_{01}$), м;

b_1 и b_2 – безразмерные эмпирические коэффициенты;

R_{i01} – глубина ЗП (m) для вероятности гибели людей i (%), при массе выброшенного (вылившегося) АХОВ, равной m_{01} , кг.

Коэффициенты для конкретного АХОВ и заданной вероятности берутся из таблицы (фрагмент ее для аммиака приведены в таблице 2).

Таблица 2.

Значения коэффициентов в уравнении (1) для аммиака

Вероятность гибели, %	m_0 , кг	m_{max1} , кг	R_{i0} , м	b_1 или b_2	n	Максимальное относительное отклонение, %
1	0	1000	0	2,1458	$\frac{3}{2}$	4,9
1	1000	900000000	165	7618	3	6,5
50	0	1000	0	0,51	$\frac{3}{2}$	4,3
50	1000	900000000	63	691	3	6,0
99,9	0	10000	0	0,071	$\frac{3}{2}$	7,8
99,9	10000	900000000	77	55	3	4,0

Если поражающим фактором является тепловое излучение пожара «огненный шар», используют формулу [2]:

$$R_{i0i} = \begin{cases} \sqrt{b_1(m - m_{01}) + R_{i01}^2} & \text{при } m_{01} < m \leq m_{max1} \\ \sqrt[5]{b_2(m - m_{02}) + \sqrt[4]{R_{i02}^5}} & \text{при } m_{02} < m \leq m_{max2} \\ \sqrt[5]{b_3(m - m_{03}) + \sqrt[7]{R_{i03}^5}} & \text{при } m_{03} < m \leq 900 \text{ кг} \end{cases} \quad (2)$$

где R_{i0i} – глубина зоны поражения (м), поражающими факторами пожара «огненный шар», для вероятности гибели людей i ;

m_{max1} и m_{max2} – максимальная масса выброшенного АХОВ, при которой расчет ведется соответственно по первому и второму уравнению (2), кг;

m_{01} , m_{02} и m_{03} – минимальная масса выброшенного (вылившегося) АХОВ, при которой расчет ведется соответственно по первому, второму и третьему уравнению (4.9), ($m_{max1} = m_{02}$ и $m_{max2} = m_{03}$), кг;

b_1 , b_2 и b_3 – безразмерные эмпирические коэффициенты;

R_{i01} , R_{i02} и R_{i03} – глубина ЗП (м) для вероятности гибели людей i , при массе выброшенного (вылившегося) АХОВ, равной соответственно m_{01} , m_{02} и m_{03} , рассчитывают глубину максимальной зоны поражения.

Коэффициенты для заданной вероятности берутся из таблицы 3.

Таблица 3.

Значения коэффициентов в уравнении (2) для нахождения глубины зоны поражения тепловым излучением «огненный шар»

Вероятность гибели, %	Значение коэффициентов в уравнении (2)					Максимальная относительная погрешность, %
	m_{01} , m_{02} , m_{03} кг	m_{max1} , m_{max2} , кг	R_{i01} , R_{i02} , R_{i03} , м	b_1 , b_2 , b_3 , безразмерный	n_1 , n_2 , n_3	
1	8	6000	0,9	2,7	2	9,4
1	6000	20000000	125	173	$\frac{14}{5}$	9,0
1	20000000	900000000	2475	8928	$\frac{17}{5}$	8,6
50	124	70000	0	1	2	9,7
50	70000	8000000	259	110	$\frac{14}{5}$	2,1
50	8000000	900000000	1554	5971	$\frac{17}{5}$	9,8
99,9	4958	500000	0	0,28	2	8,1
99,9	500000	900000000	372	3085	$\frac{17}{5}$	9,6

Библиографический список

1. Котов С.Г. Экспресс-метод прогнозирования зон поражения опасными факторами пожара и взрыва при выбросе сильнодействующих ядовитых веществ / С.Г. Котов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – № 7. – С. 37-44.
2. Котов Д.С. Усовершенствованный экспресс-метод определения зон поражения опасными факторами пожара и взрыва при чрезвычайных ситуациях на химически опасных объектах / Д.С. Котов, В.А. Саечников, С.Г. Котов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сб. статей по материалам VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. 23-24 сент. 2015 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2015. – С. 272-276.

References

1. Kotov S.G. Jekspress-metod prognozirovanija zon porazhenija opasnymi faktorami požhara i vzryva pri vybrose sil'nodejstvujushhih jadovityh veshhestv / S.G. Kotov [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. – 2013. – № 7. – S. 37-44.
2. Kotov D.S. Usovershenstvovannyj jekspress-metod opredelenija zon porazhenija opasnymi faktorami požhara i vzryva pri chrezvychajnyh situacijah na himicheski opasnyh ob'ektah / D.S. Kotov, V.A. Saechnikov, S.G. Kotov // Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy: Sb. statej po materialam VI Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uch. 23-24 sent. 2015 g.: v 2-h ch. Ch. 1 / FGBOU VO Voronezhskij institut GPS MChS Rossii. – Voronezh, 2015. – S. 272-276.

PREDICTION OF THE MAXIMUM OF THE AFFECTED AREAS RAPID METHOD FOR THE DISCHARGE OF HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCES THAT ARE COMPRESSED GASES

The article sets out the methodology for forecasting maximum areas of destruction by the release of hazardous chemical substances that are compressed gases, for example ammonia.

Keywords: *maximum kill zone, MW, hazards of fire, hazardous chemical substances, poisonous substances, radiation, fire, fireball, fire.*

Котов Д.С.,

*Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие «Геоинформационные системы»,
Республика Беларусь, Минск,
viscount.d@gmail.com*

Kotov D.S.,

*Scientific-engineering Republican unitary enterprise «Geoinformation systems»,
Republic of Belarus, Minsk,
viscount.d@gmail.com*

Саечников В.А.,

*доцент, д.ф.-м.н.,
Белорусский государственный университет,
Республика Беларусь, Минск.*

Saechnikov V.A.,

*Ass. Prof., Doc. of Ph.-Math. Sci.
Belarusian state University,
Republic of Belarus, Minsk.*

Котов С.Г.,

*доцент, к.т.н.,
Госпромнадзор МЧС Республики Беларусь,
Республика Беларусь, Минск.*

Kotov S.G.,

*Ass. Prof., Cand. Tech. Sci.,
The Gospromnadzor, Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus
Republic of Belarus, Minsk.*

СПОСОБЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ЧЕРЕЗ ПРОЕМЫ В МЕЖДУЭТАЖНЫХ ПЕРЕКРЫТИЯХ ПРИ СОЗДАНИИ МНОГОСВЕТНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Е.В. Гардарова, А.В. Идрасов

В статье проанализированы способы противопожарной защиты от распространения опасных факторов пожара через проемы в межэтажных перекрытиях.

Ключевые слова: *многосветные пространства, пути эвакуации, опасные факторы пожара, способы противопожарной защиты.*

Многосветное пространство – пространство внутри здания, объединяющее два и более этажей здания за счет устройства проемов в межэтажных перекрытиях, не имеющее естественного освещения или имеющее естественное освещение через проемы в наружных стенах и/или покрытии здания [1]. В общественных, административных и торговых зданиях атриумы и многосветные пространства становятся все более популярными, поскольку это помещения привлекательного вида с естественным освещением и контролируемым микроклиматом, позволяющие реализовать различные архитектурно-планировочные решения, например, передвижение между этажами по эскалаторам. В то же время наличие проемов в междуэтажных перекрытиях создает проблемы с обеспечением пожарной безопасности таких объектов, по причине отсутствия междуэтажных разграничений, которые препятствуют распространению пожара по вертикали на вышерасположенные этажи [2]. Возникают проблемы и с обеспечением безопасности людей при эвакуации, так как в отсутствие технических решений по ограничению распространения опасных факторов пожара (ОФП) через многосветные пространства, пути эвакуации могут попасть в зону воздействия ОФП.

В настоящее время существуют несколько способов противопожарной защиты такого типа пространств.

Первый и наиболее распространенный – это создание дренчерной завесы по периметру проема в перекрытии. Этот способ наиболее часто встречается в специальных технических условиях, разработанных для объектов с многосветными пространствами.

Достоинством такого способа является эффективная реализация защиты вышерасположенных этажей от воздействия ОФП, но существенным недостатком является слишком большой расход воды, так как срабатывание дренчерной завесы происходит по всему периметру проема, вне зависимости от места конкретного пути распространения ОФП на этаже. Такой значительный расход воды приводит к увеличению

ущерба от применения ОТВ, а также к необходимости применения более производительных насосов АУПТ и наличия достаточно большого запаса воды, достаточного для работы завесы в течение длительного времени, как правило, не менее 1 часа.

При втором способе защиты проем с защищаемого этажа в объем многосветного пространства оставляется полностью открытым, но для предупреждения распространения дыма используются автоматические противодымные экраны в виде штор, размеры которых также определяются расчетом. При пожаре они автоматически опускаются по специальным направляющим, полностью отсекая очаг пожара и не давая дыму распространиться по остальной части здания. Для того чтобы не препятствовать процессу эвакуации, в шторах предусматриваются проемы с указанием в виде таблички «Выход». Недостатком данного способа является необходимость контроля за автоматическим опусканием штор с возможностью ручного управления, поскольку не допускается их опускание при нахождении под ними людей, а также то, что при эвакуации наличие на пути движения людей преграды в виде шторы оказывает определенное психологическое воздействие, которое может привести к задержке или изменению направления движения людей.

Одним из новейших и не столь распространенных способов защиты является применение стационарных конструктивных противодымных экранов, устанавливаемых в нижней плоскости вышележащего перекрытия с дополнительным орошением этих экранов спринклерной АУПТ. Конструктивно противодымные экраны выполняются из негорючих материалов, и высота таких экранов определяется в каждом конкретном случае специальным расчетом возможной высоты дымового слоя, возникающего при пожаре.

Проанализировав все известные на сегодняшний день способы защиты проемов многосветных пространств от распространения ОФП и сравнив все достоинства и недостатки

способов защиты, можно сделать вывод, что третий способ наиболее предпочтителен. Поскольку основная задача по ограничению распространения ОФП выполняется в полном объеме, а кроме того, не требуется большого расхода воды, т.к. срабатывание спринклерных оросителей будет производиться локально, в месте концентрации ОФП у противоподымного экрана. Стационарные противоподымные экраны не препятствуют эвакуации

людей, поскольку имеют небольшую высоту, как правило, не превышающую 0,6 м от перекрытия.

Вывод: применение стационарных противоподымных экранов с охлаждением их спринклерными оросителями позволяет уменьшить расход воды на защиту многосветового пространства и не препятствует эвакуации людей из опасной зоны. Такой способ защиты уже применяется на ряде объектов и зарекомендовал себя как достаточно эффективный и безопасный.

Библиографический список

1. СП 118.13330.2012 *Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменением № 1) [Электронный ресурс] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения: 17.06.16).*
2. *Обобщенный перечень технических решений, согласованных Главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору [Электронный ресурс] : URL: http://www.mchs.gov.ru/dop/Gosuslugi/Obobshhennij_perechen_tehnicheskikh_uslov (дата обращения: 17.06.16).*

References

1. SP 118.13330.2012 *Obshhestvennye zdaniya i sooruzheniya. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 31-06-2009 (s Izmeneniem № 1) [Elektronnyj resurs] : URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092705> (data obrashhenija: 17.06.16).*
2. *Obobshhennij perechen' tehnicheskikh reshenij, soglasovannyh Glavnym gosudarstvennym inspektorom Rossijskoj Federacii po pozharному nadzoru [Elektronnyj resurs] : URL: http://www.mchs.gov.ru/dop/Gosuslugi/Obobshhennij_perechen_tehnicheskikh_uslov (data obrashhenija: 17.06.16).*

METHODS OF FIRE PROTECTION FROM THE SPREAD OF DANGEROUS FACTORS OF FIRE THROUGH OPENINGS IN INTERFLOOR OVERLAPPINGS WHEN CREATING ATRIUM SPACES

The article analyzes the methods of fire protection from the spread of dangerous factors of fire through openings in the intercommunication.

Key words: atrium spaces, evacuation routes, hazards of fire, methods of fire protection.

Гарданова Е.В.,
ст. преподаватель,
Уфимский государственный авиационный
технический университет,
Россия, Уфа.

Gardanova E.V.,
senior lecturer,
Ufa state aviation
technical University,
Russia, Ufa.

Идрисов А.В.,
студент,
Уфимский государственный авиационный
технический университет,
Россия, Уфа.

Idrisov A.B.,
student,
Ufa state aviation
technical University,
Russia, Ufa.

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ЭКСПЕРТНО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

М.А. Галишев, А.С. Павлова

Рассмотрены горючие жидкости в качестве одних из наиболее сложных объектов экспертных исследований. Для решения задач в работе использованы показатели группового углеводородного, функционального и индивидуального состава нефтепродуктов, определяемые методами молекулярного спектрального и хроматографического анализов.

Ключевые слова: *горючие жидкости, легковоспламеняющиеся жидкости, ГСМ, пожарно-техническая экспертиза, нефтепродукты, молекулярный спектральный и хроматографический анализ.*

При проведении различных классов судебных экспертиз может возникнуть необходимость в исследовании объектов, содержащих технические легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ, ГЖ). Наибольшие сложности при этом возникают в тех случаях, когда изучаемые горючие жидкости находятся в виде малых количеств или следов на объектах носителях.

Так, в экспертизах по делам о дорожно-транспортных происшествиях или угонах автомобилей объектами изучения могут быть следы ГСМ на транспортном средстве, дороге или одежде. В экспертизах по делам о пожарах объектами могут быть изымаемые с мест пожаров вещественные образцы самой различной природы со следами поджигающих жидкостей. В экологической экспертизе изучаются природные объекты в местах выбросов нефтепродуктов и других ЛВЖ и ГЖ.

Особенности физических свойств и химического состава горючих жидкостей, такие как подвижность, изменчивость и невосстанавливаемость состава, делают их одними из наиболее сложных объектов экспертных исследований. Указанные объекты могут испытывать различные деградирующие воздействия, самое неизбежное из которых – испарение с потерей легких фракций. В условиях пожара происходит термическое разложение горючих жидкостей и образование продуктов пиролиза. В природных биоценозах основными воздействующими факторами являются окисление и биodeградация. Объекты экспертных исследований со следами инородных загрязнителей часто представляют собой материалы органической природы и могут содержать органические компоненты, схожие по составу и иногда заметно превышающие по количеству занесенные извне горючие жидкости. Для корректной интерпретации результатов экспертных исследований необходим обязательный учет всех перечисленных факторов,

без чего эти результаты могут быть существенно искажены. Например, все существующие для почв нормируемые параметры содержания вредных и опасных веществ, используемые в почвоведческой экспертизе (например, ПДК), устанавливаются с учетом фонового содержания органических компонентов.

При существенном различии объектов исследования имеется большое сходство в постановке задач, что делает возможным создание единой методики исследования. Современный подход к технико-криминалистическому обеспечению изучения следов горючих жидкостей должен включать несколько обязательных компонентов. Основой методологии исследования должно быть рассмотрение совокупности объекта носителя и занесенных извне следов горючей жидкости в качестве системы, то есть множества элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих определенную целостность. Они образуют при этом более широкую познавательную реальность по сравнению с той, которая изучается при исследовании объемов нефтепродуктов и ГСМ.

Система «горючая жидкость – предмет носитель» в силу своей принципиальной сложности подразумевает множественность описания. Ее адекватное познание требует построения множества различных моделей, каждая из которых описывает лишь определенный аспект системы. Данное обстоятельство предопределяет то, что любой метод в отдельности, даже самый высокоэффективный, не всегда в состоянии дать полную экспертную информацию при исследовании таких сложных систем. Лишь комплексное сочетание или система аналитических методов исследования позволяет успешно решать экспертные задачи.

В силу экономической целесообразности, разработка новых методов должна быть ориентирована не только на увеличение чувствительности и селективности, но и на

повышение экспрессности и доступности, в особенности, если это касается изучения объектов окружающей среды, где изучению обычно подлежат большие массивы образцов. В настоящее время все больше возрастает интерес к простым и дешевым методам исследования. В фоновом мониторинге сложные и дорогостоящие методы используются зачастую впустую. Справиться с этой проблемой помогает методология скрининга. Эта методология предполагает предварительную разбраковку проб с целью отбора для детального анализа только тех из них, которые дают положительный результат на тестовое определение. Такое предварительное тестовое определение должно быть по возможности дешевым, простым, а главное массовым. Выдвинутое условие вовсе не должно восприниматься как требование отказа от современных достижений аналитической техники. Сочетание массовости с воспроизводимостью могут обеспечить только компьютерно-аналитические комплексы, базирующиеся на использовании ПЭВМ со специально разработанным программным обеспечением, стоимость которых составляет, как правило, менее 10 % стоимости аналитических приборов. Одновременно с этим возрастают метрологические требования ко всем подготовительным и промежуточным процедурам, поскольку ошибки, вносимые на этих стадиях анализа, обычно превышают ошибки современной высокоточной аналитической техники.

Необходимо располагать иерархической системой, включающей целевые установки, последовательность применяемых аналитических методов, последовательность принятия решений при обнаружении, диагностике и идентификации горючих жидкостей, рассеянных в объектах окружающей среды. Сложность системы в конкретных случаях определяется требуемым уровнем познания состава и свойств горючих жидкостей на каждом этапе исследования. Массовые анализы позволяют подсчитывать общую массу веществ, загрязняющих природную среду, и оценивать ущерб, нанесенный той или иной территории. Для детализации очагов загрязнения малые серии образцов исследуются уточняющими специфическими методами. Для установления конкретного виновника загрязнения необходимо не только выявить на месте чрезвычайной ситуации присутствие занесенных извне горючих жидкостей, но и определить их групповую и индивидуальную принадлежность, что требует использования результатов уникальных анализов.

Для решения поставленных задач в настоящей работе использованы показатели группового углеводородного, функционального и индивидуального состава нефтепродуктов, определяемые методами молекулярного спектрального и хроматографического анализов.

Для первичного опробования образцов по скрининговой технологии используется метод молекулярной люминесценции как простой, экспрессный, универсальный для нефтепродуктов метод анализа. Часто уже по результатам спектролюминесценции, без анализа индивидуального и функционального составов исследуемых смесей можно делать достаточно убедительные экспертные выводы. Дополнительным преимуществом люминесцентного метода является его чрезвычайно низкий предел обнаружения, который, по крайней мере, на порядок меньше пределов обнаружения всех иных методов.

Метод ИК-спектроскопии в последнее время незаслуженно, на наш взгляд, часто исключается из экспертных методик диагностики горючих жидкостей. Этим методом, как правило, устанавливают лишь количество так называемых «нефтепродуктов» в исследуемых образцах. Однако важнейшая информация, получаемая методом ИК-спектроскопии, – это установление наличия соединений с функциональными группами, например, составных растворителей, содержащих кислородсодержащие соединения. Наличие горючих жидкостей этой группы не может быть однозначно установлено методами люминесцентной спектроскопии и газожидкостной хроматографии.

Для установления типа, марки, а иногда и конкретной принадлежности сложных органических смесей нефтяного типа используют метод газожидкостной хроматографии. Характерные особенности состава различных нефтепродуктов, выявляемые данным методом, настолько индивидуальны, что позволяют четко диагностировать, а иногда и идентифицировать исследуемые следы органических жидкостей даже без применения проб сравнения. Наибольшие информационные возможности дает метод ГЖХ при анализе светлых нефтепродуктов, представляющих собой смеси углеводородов. Для них можно однозначно установить фракционный состав смеси по температурам кипения начального и конечного компонента в гомологическом ряду нормальных алканов, а по распределению других углеводородов можно устанавливать тип, марку, групповую принадлежность нефтепродукта.

Библиографический список

1. Моторыгин Ю.Д. Стохастические методы принятия решений для уменьшения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций / Ю.Д. Моторыгин, М.А. Галишев // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». – 2013. – № 4 (28). – С. 59-64.
2. Рубилов С.Н. Системное описание нефтяного загрязнения почвенных отложений с использованием перколяционных моделей / С.Н. Рубилов, М.А. Галишев, Ю.Д. Моторыгин // Научно-аналитический журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2013. – № 6 (52). – С. 21-26.

References

1. Motorygin Ju.D. Stohasticheskie metody prinjatija reshenij dlja umen'shenija verojatnosti vznikenija chrezvychajnyh situacij/ Ju.D. Motorygin, M.A. Galishev // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Problemy upravlenija riskami v tehnosfere». – 2013. – № 4 (28). – S. 59-64.
2. Rubilov S.N. Sistemnoe opisanie nefljanogo zagrjaznenija pochvennyh otlozhenij s ispol'zovaniem perkoljacionnyh modelej / S.N. Rubilov, M.A. Galishev, Ju.D. Motorygin // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti». – 2013. – № 6 (52). – S. 21-26.

**THE SYSTEM OF PREPARATION
OF ANALYTICAL INFORMATION FOR FORENSIC
AND RESEARCH OF OIL
IN FIRE-TECHNICAL EXAMINATION**

Flammable liquids are considered as one of the most difficult objects of expert research. For tasks in work, the figures used hydrocarbon group, functional and individual composition of petroleum products, determined by methods of molecular spectral and chromatographic analyses.

Key words: flammable liquids, flammable liquids, fuel, fire-technical examination, oil products, molecular, spectral and chromatographic analysis.

Галишев М.А.,
проф., д.т.н., проф.,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, Санкт-Петербург.

Galishev M.A.,
Prof., Dr.Tech . Sci. Prof.,
St. Petersburg State University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.

Павлова А.С.,
преподаватель-методист,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
Россия, Санкт-Петербург.

Pavlova A.S.,
teacher-methodist,
St. Petersburg State University of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, St. Petersburg.

ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОВЫШАЮЩИЕ НАДЕЖНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю.Н. Шалимов, М. Лутовац, А.В. Руссу, И.В. Адианов

Рассмотрено проектирование системы обеспечения надежности (резервирования) элементов управления летательным аппаратом. Проанализированы водородные технологии, позволяющие повысить надежность летательных аппаратов различных типов.

Ключевые слова: летательный аппарат, жидкий водород, водородные технологии.

Активное применение авиации на службе МЧС России ставит новые задачи по повышению ее эффективности и безопасности в жестких условиях эксплуатации по величине нагрузки, скорости, надежности и устойчивости. Идет активный поиск новых систем и принципов их функционирования (действия) для удовлетворения возросших требований. Особенно перспективными системами в данном случае являются системы снабжения альтернативными источниками энергии. Научно-техническая информация об использовании альтернативных источников электрической энергии для электропитания бортовых систем всех типов воздушных судов и беспилотных летательных аппаратов в открытых источниках отсутствует [1].

Однако ряд ведущих мировых держав по-прежнему выделяет значительные ассигнования на развитие данной тематики.

Владение эффективными технологиями по использованию альтернативных источников энергии в авиации дает государству существенное качественное преимущество в обороне и гражданской сфере применения.

В свое время в Советском Союзе была разработана конструкция самолета (Ту-155), который работал на жидком водороде с использованием криостатных систем. Сравнительный вид конструкции летательных аппаратов обычного типа и на жидком водороде представлен на рис. 1.

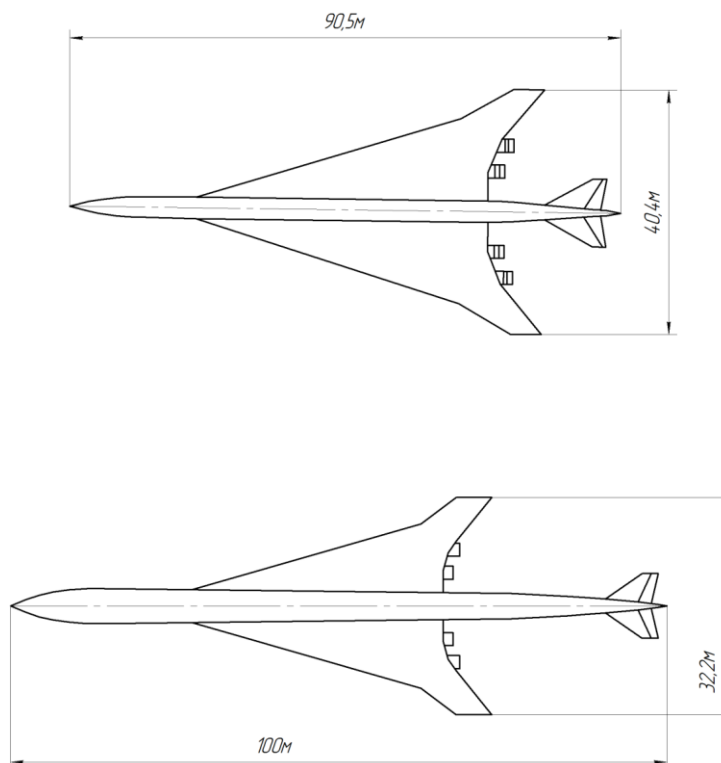


Рис. 1. Сравнение размеров сверхзвуковых пассажирских самолетов на керосине (вверху) и на жидком водороде (внизу).

Не вдаваясь в подробности конструкции, следует отметить, что летательный аппарат на жидком водороде существенно зависит от наличия пункта заправки, то есть каждый такой пункт требует наличия завода по производству сжиженного водорода. При всем при этом применение в авиации технических решений, основанных на водородных технологиях, является весьма перспективным направлением. С оговоркой, что эти технологии будут применяться в качестве нового содержания.

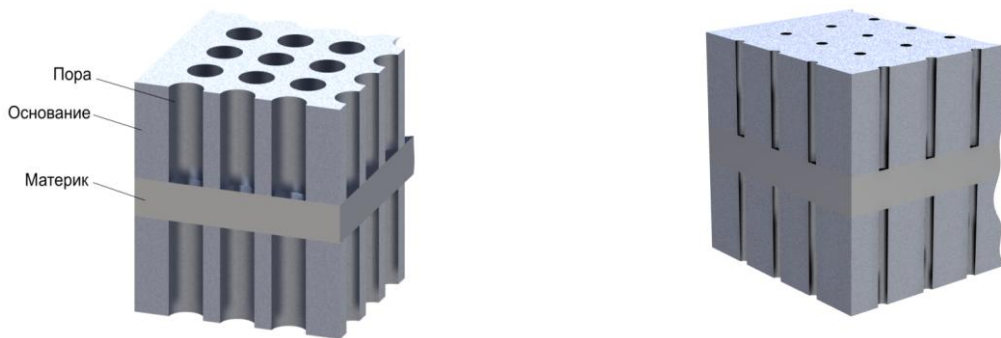
Особенностью водородных технологий является их многообразие и возможность использования водорода в различном функциональном применении. На данном этапе развития главным назначением водородных технологий является обеспечение безотказной работы дублирующих систем управления летательных аппаратов при отказе (аварийном отключении) основных систем управления.

Ключевым моментом, который сдерживает или, наоборот, расширяет сферу применения водородных технологий, является способ хранения водорода. Известны следующие способы хранения водорода. Во-первых, баллонное в виде газа. Причем в последнее время отдается предпочтение материалам на основе органических композитов. Во-вторых, в сжиженном виде с использованием криостатов, а также в жидкой фазе в виде боргидридных соединений, например $\text{Be}(\text{BH}_4)_2$, $\text{Al}(\text{Al}(\text{BH}_4)_3)$. В последнее время усиленно разрабатываются методы хранения водорода в твердофазной системе в виде гидридов металлов побочной восьмой группы. При этом в основном используются благородные металлы (платина, родий, палладий). Как правило, они применялись и применяются для хранения водорода для объектов оборонного характера. Кроме того, высокой склонностью взаимодействия с водородом обладают некоторые редкоземельные элементы.

Принципиально новые результаты в данной области были представлены в работах сотрудников ВПИ, в частности, Э.А. Гранкина, а также других

исследователей [2], было установлено, что водород легко взаимодействует с электролитическими металлами по дефектам структуры. По экспериментальным результатам наших исследований [2, 3] было также установлено, что количество водорода в объеме металлов, полученных электролитическим способом, на 2-3 порядка превышает этот показатель в сравнении с металлами, полученными другими способами. Кроме того, следует указать, что металлы находящиеся в аморфном состоянии, то есть не имеющие четкой кристаллической структуры, поглощают водород в 1,5-2 раза больше, чем металлы кристаллической структуры. С точки зрения экономики, экологии и энергетики для летательных аппаратов следует рассмотреть перспективу образования гидридов таким элементом, как алюминий. Он относится к элементам, имеющим широкое распространение в природе. И что наиболее ценно для авиации имеет малый удельный вес. Что касается бериллия, то его применение для хранения водорода ограничено по причине особой токсичности соединений этого элемента.

Следует отметить, что в качестве дефектов структур могут выступать межзеренные границы, дислокации, уходящие на поверхность, центры кристаллизации для гальваноосадков. Определенные перспективы просматриваются в технологиях использования импульсного электролиза для формирования структур с высокой степенью дефектов, определяющих количество аккумулируемого водорода. Кроме того, использование импульсного электролиза позволяет осуществить формирование металлических структур с высокой степенью развития (рис. 3). Это необходимо для осуществления работы источника с большой энергией потребления в единицу времени. Поскольку структура такого типа обладает эффектом редукции, то есть извлечение водорода происходит постепенно, без лавинообразного эффекта (хлопка), это особенно ценно для регулирования режимов работы источников энергии.



а) больших токов и короткого времени использования;

б) малых токов и большего времени использования

Рис. 2. Морфология структуры электрода водородного аккумулятора, работающего в режиме а) и б)

Именно древовидная структура дает редуцирующий эффект.

Предлагаемый нами вариант хранения топлива в твердой фазе гидридной формы предполагает, что весовой процент водорода может быть предельно доведен до 9 при хранении его в виде гидрида алюминия. В качестве наиболее эффективного материала следует указать, что для этих целей лучше использовать сплав алюминий-бор, в котором концентрация бора изменяется в пределах 1-3% по отношению к общему весу сплава. Наличие бора обеспечивает получение структуры, в которой дефекты формируются уже в процессе образования сплавов по границам зерен. В своих исследованиях мы также установили, что температура экстракции водорода из элементов хранения может быть значительно снижена за счет изменения концентрации бора в составе сплава. Поскольку мы снижаем затраты энергии при выходе накопителя на рабочий режим, это позволяет увеличить емкость накопителя при аналогичных затратах на его производство.

Существующее мнение, что максимальные объемы водорода могут быть аккумулированы в порошках (пудра, паста, гели) на основе алюминия, является ошибочным. Причина проста: алюминий, независимо от наличия любого количества влаги, в среде формирует на поверхности оксидную пленку, то есть контакт свободного атома алюминия с жидкой фазой невозможен из-за наличия оксидной пленки на его поверхности.

Проблема также состоит в том, что чистый гидрид алюминия представляет собой систему с большой шириной запрещенной зоны. Поэтому возбудить одновременно все системы, содержащие гидрид металла, не представляется возможным, требуется некоторое время для передачи импульса, направленного на возбуждение молекулы гидрида и осуществление процесса дезинтеграции с получением свободного водорода. Это обстоятельство является существенным препятствием для получения технологии двойного назначения (осуществления взрыва).

Библиографический список

1. Винокуров С.Д. Требования к электрохимическим генераторам для наземного обслуживания воздушных судов. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», 2015. – 191 с.
2. Гранкин Э.А. Влияние условий электролиза и термической обработки на внутреннее трение и коррозионную стойкость электролитического хрома: дисс. канд. тех. наук. – Воронеж, 1973. – 116 с.
3. Шалимов Ю.Н. Оптимизация электрохимического процесса обработки алюминиевой фольги в производстве конденсаторов / Ю.Н. Шалимов, И.М. Мандрыкина, Ю.В. Литвинов. – Воронеж: ВГТУ, 2000. – 343 с.

Таким образом, концептуальное проектирование системы обеспечения надежности (резервирования) элементов управления летательным аппаратом предполагается осуществлять в двух вариантах:

Использовать для систем резервирования источник энергии на основе аккумулирования водорода, совмещенный с топливным элементом на твердых электролитах.

Производить резервирование самой системы привода, а не только источника. То есть осуществить резервирование исполнительного механизма на основе альтернативного принципа действия (например, осуществляя переход от механических полей к электромагнитным, используя энергетический ресурс новых топливных элементов).

Дополнительно, поскольку может быть существенно увеличена емкость источников электропитания бортовых систем, электрохимические процессы в самом широком смысле могут быть использованы для реализации условий безопасного способа очистки воздуха для экипажей летательных аппаратов. Надежность таких систем обеспечена применением процессов, в которых исключено наличие механических систем. Например, разработанная нами система очистки воздуха включает в себя элементы конструкции электродов, обеспечивающих процесс уничтожения бактерий. При этом реализуется возможность создания регулируемого потока воздуха со скоростями перемещения до 3-х м/с.

В перспективе по мере совершенствования технологии может быть реализована возможность обеспечения энергией и двигательных установок тоже, когда в качестве систем питания используются водородные картриджи на основе гидридов алюминия. Такие системы не требуют преобразователей на основе топливных элементов и в перспективе запасы топлива могут храниться на резервных аэродромах в безопасном состоянии. Все необходимые предпосылки для такого качественного перехода в применении водородной технологии уже есть.

References

1. Vinokurov S.D. Trebovanija k jelectrohimeskim generatoram dlja nazemnogo obsluzhivanija vozdušnyh sudov. – Voronezh: VUNC VVS «VVA imeni prof. N.E.Zhukovskogo i Ju.A.Gagarina», 2015. – 191 s.
2. Granin Je.A. Vlijanie uslovij jelectroliza i termicheskoj obrabotki na vnutrennee trenie i korrozionnuju stojkost' jelectroliticheskogo hroma: diss. kand. teh. nauk. – Voronezh, 1973. – 116 s.
3. Shalimov Ju.N. Optimizacija jelectrohimeskogo processa obrabotki aljuminievoj fol'gi v proizvodstve kondensatorov / Ju.N. Shalimov, I.M. Mandrykina, Ju.V. Litvinov. – Voronezh: VGTU, 2000. – 343 s.

HYDROGEN TECHNOLOGY THAT IMPROVES THE RELIABILITY OF AIRCRAFT OF VARIOUS TYPES, USED IN EMERGENCIES

The development of a system reliability (redundancy) elements of control of the aircraft.

Analyzed hydrogen technologies to increase the reliability of aircraft of various types.

Keywords: aircraft, liquid hydrogen, hydrogen technologies.

Шалимов Ю.Н.,

д.т.н., проф.,

научный руководитель НПП «ЛУЧ»,

Россия, г. Воронеж.

Shalimov Yu. N.,

Dr.Tech. Sci., Prof.,

scientific supervisor of NPP «LUCH»,

Russia, Voronezh.

Лутовац М.,

академик,

Республика Сербия, г. Белград.

Lutovac M.,

academician,

The Republic of Serbia, Belgrade .

Руссу А.В.,

инженер,

Воронежский государственный технический университет,

Россия, Воронеж.

Rusu A. V.,

engineer,

Voronezh state technical University,

Russia, Voronezh.

Адианов И.В.,

инженер,

Воронежское акционерное самолётостроительное общество,

Россия, Воронеж.

Adianov I. V.,

engineer,

Voronezh aircraft joint-stock company,

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**