

*Управление в социальных и  
экономических системах*

*Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы  
программ*

*Системы автоматизации  
проектирования*

*Автоматизация и управление  
технологическими процессами и  
производствами*

*Методы и системы защиты  
информации*

*Транспорт*

*Управление процессами перевозок*

*Эксплуатация автомобильного,  
воздушного, водного транспорта*

*Строительные конструкции, здания и  
сооружения*

*Основания и фундаменты, подземные  
сооружения*

*Строительные материалы и изделия*

*Гидравлика и инженерная  
гидрология*

*Строительная механика*

*Экологическая безопасность  
строительства и городского  
хозяйства*

*Технология и организация  
строительства*

*Архитектура зданий и сооружений*

*Безопасность деятельности человека*

*Охрана труда*

*Безопасность в чрезвычайных  
ситуациях*

*Пожарная и промышленная  
безопасность*

*Ядерная и радиационная безопасность*

*Химическая, биологическая и  
бактериологическая безопасность*

**ISSN 2226-700X**

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

# **Вестник Воронежского института ГПС МЧС России**

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

**№ 3 (24), 2017**



# 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).*

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

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

### Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакторы: Дьякова Юлия Михайловна, Шохина Елена Викторовна

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

Подписано в печать \_\_.08.2017. Усл. печ. л. 6,25. Тираж 500 экз. Заказ №70.

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

Адрес РЕДАКЦИИ: 394052, г. Воронеж, ул. Красная, д. 231, ком. 1214;  
тел.: (473) 242-12-63; e-mail: vestnik\_vi\_gps@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ</b>	
<b>Управление в социальных и экономических системах.....</b>	<b>7</b>
Краткий обзор специального программного обеспечения для автоматизации административно-управленческой деятельности пожарных подразделений США <i>О.С. Малютин</i> .....	7
Направления совершенствования антикризисного управления Воронежской областью в условиях чрезвычайных ситуаций <i>М.Б. Шмырева, А.В. Калач</i> .....	16
<b>Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.....</b>	<b>22</b>
Математическая модель пространственного распределения электромагнитного поля при высокочастотном нагреве диэлектрических материалов <i>Бобров А.И., Федоров Д.М., Федоров М.Н</i> .....	22
<b>Методы и системы защиты информации, информационная безопасность.....</b>	<b>34</b>
Парадигма исследований информационной безопасности хозяйствующего субъекта эвентологическими методами: концепция и принципы <i>Е.А. Жидко, П.М. Леонов</i> .....	34
<b>ТРАНСПОРТ</b>	
<b>Эксплуатация воздушного транспорта.....</b>	<b>41</b>
К вопросу разрушения ледяных заторов на реках Севера с применением модульной вертолетной системы ВСМ - 1 <i>В.Б. Яковлев, В.С. Марков</i> .....	41
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА</b>	
<b>Пожарная и промышленная безопасность.....</b>	<b>45</b>
Информационно-аналитическая модель тестирования растворителей для экстракционно-хроматографических методик контроля экотоксикантов в строительных материалах <i>Е.Н. Грошев, А.В. Калач, О.Б. Рудаков</i> .....	45
Структурирование системы нормативных документов в области пожарной безопасности на стадии проектирования объектов <i>С.А. Дашко, Г.И. Сметанкина, Н.И. Попов</i> .....	52

К вопросу о пожарной безопасности в Республике Казахстан <i>К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов</i> .....	56
Формы взаимодействия с судебными экспертными учреждениями при подготовке специалистов в области пожарной безопасности <i>М.В. Торопова, А.А. Воронцова, Д.В. Калашиников, А.А. Липский</i> .....	61
К вопросу повышения огнестойкости строительных материалов на основе магнезиального вяжущего <i>Н.Ш. Лебедева, Е.Г. Недайводин, С.Д. Сухих</i> .....	65
Моделирование на основе вариационных принципов аналитической механики математических моделей потокораспределения в системах водоснабжения при подключении устройств пожаротушения <i>С.А. Сазонова, Е.А. Сушко, С.Д. Николенко</i> .....	69
Оценка повреждений конструкций от скрытых очагов пожара <i>Д.В. Флегонтов, М.В. Акулова, Е.Г. Родионов</i> .....	75
Технологические аспекты напыления полимерных покрытий на трубопроводы для транспортировки углеводородов <i>А.Ю. Андрияшкин, Е.Н. Кадочникова</i> .....	78
Влияние специфики проектирования аспирационных систем на взрывопожарную опасность и расчетное значение пожарного риска <i>Е.В. Романюк, Д.В. Каргашилов, А.В. Федоров</i> .....	81
Алгоритм распознавания пламени с борта беспилотного воздушного судна <i>А.В. Вытовтов, А.В. Калач, Т.Н. Куликова</i> .....	86
<b>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b> .....	91
Актуальные проблемы обеспечения безопасности технологических процессов и производств для предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций <i>А.В. Федоров, В.А. Бармашев, В.Н. Марков, Ш.К. Тагиев</i> .....	91
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	99

## CONTENTS

### COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<b>Management in social and economic systems.....</b>	<b>7</b>
Short review of special software for rescue units management in USA <i>O.S. Malyutin.....</i>	7
A study of the system of crisis management in emergency situations in the Voronezh region <i>M.B. Shmyreva, A.V. Kalach.....</i>	16
<b>Mathematical modeling, numerical methods and program complexes.....</b>	<b>22</b>
Mathematical model of spatial distribution of the electromagnetic field with high-frequency heated of dielectric materials <i>A.I. Bobrov, D.M. Fedorov, M.N.Fedorov.....</i>	22
<b>Methods and systems of information security, information security.....</b>	<b>34</b>
The paradigm of researches information security of the economic subject by eventological methods: concept and principle <i>E.A. Zhidko, Leonov P.M.....</i>	34
<b>TRANSPORT</b>	
<b>Operation of air transport.....</b>	<b>41</b>
To the issue of destruction of ice costs on the rivers of the north with the application of the modular helicopter system VSM-1 <i>V.B. Yakovlev, V.S.Markov .....</i>	41
<b>SAFETY OF HUMAN ACTIVITIES</b>	
<b>Fire and industrial safety.....</b>	<b>45</b>
Information-analytical model of test solvents for extraction-chromatographic methods of control toxicants in building materials <i>E.N. Groshev, A.V. Kalach, O.B. Rudakov.....</i>	45
Structuring systems of normative documents in the field of fire safety in the design stage <i>S.A. Dashko, G.Y. Smetankina.....</i>	52
To the question of fire safety in the republic of Kazakhstan <i>K.Zh. Raimbekov, A.B. Kusainov.....</i>	56

Forms of cooperation with forensic institutions in preparing specialists in the field of fire safety <i>M.V. Toropova, A.A. Vorontsova</i> .....	61
To the question of the fire resistance of construction materials based on magnesia binder <i>N.Sh. Lebedeva, E.G. Nedayvodin, S.D. Sukhikh</i> .....	65
Simulation on the basis of variational principles of the analytical mechanics of mathematical models of distribution in water supply systems by connecting fire extinguishing devices <i>S.A. Sazonova, E.A. Sushko, S.D. Nikolenko</i> .....	69
Estimation of damage to structures from the hidden fire of fire <i>D.V. Flegontov, M.V. Aculova, E.V. Rodionov</i> .....	75
Technological aspects of the dusting of polymeric coverings on pipelines for transportation of hydrocarbons <i>A.Yu. Andryushkin, E.N. Kadochnikova</i> .....	78
The influence of the specifics of the design of ventilation systems in explosion hazard and a design value of the fire risk <i>E.V. Romanyuk, D.V. Kargashilov, A.V. Fedorov</i> .....	81
Mathematical model of recognition of flame from the board of a free aircraft <i>A.V. Vyotovtov, A.V. Kalach, T.N. Kulikova</i> .....	86
<b>Safety in emergency situations</b> .....	91
Actual problems of safety of technological processes and productions to prevent anthropogenic emergency situation <i>A.V. Fedorov, V.A. Baryshev, V.N. Markov, S.K. Tagiyev</i> .....	91
<b>GUIDELINES FOR AUTHORS</b> .....	99



## УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 614.842.83.07/.08: 004.42

### КРАТКИЙ ОБЗОР СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ США

*О.С. Малютин*

*В статье приведен краткий обзор специального программного обеспечения для автоматизации административно-управленческой деятельности пожарных подразделений США. Рассмотрены примеры наиболее интересных в техническом и прикладном отношении разработок в данной области. Выделены общие черты такого программного обеспечения, основные тенденции его разработки и внедрения. Сделан вывод о перспективах использования полученных сведений при разработке подобных систем для пожарно-спасательных подразделений в Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** пожарная охрана, информационные технологии, программное обеспечение, ЭВМ, управление, автоматизация, информационная среда.

В США, как стране с высоким уровнем развития информационных технологий, рынок специального программного обеспечения (СПО) для пожарных подразделений уже сложился. Даже поверхностный анализ показывает, что в открытой продаже можно найти свыше 30 наименований пакетов программного обеспечения для автоматизации административно-управленческой деятельности пожарно-спасательных подразделений, различных как по цене, так и по объему решаемых задач.

Приводить полный перечень такого программного обеспечения нет смысла, в силу ограниченности объема статьи, поэтому ниже приведены лишь наиболее интересные и показательные примеры СПО, предназначенного для оснащения пожарных частей. Программное обеспечение для систем управления на уровне муниципалитетов и штатов не рассматривалось.

В качестве источников информации использованы официальные интернет-сайты фирм-разработчиков.

**Мобильные приложения snappii.** Серия небольших программ выполняющих одну узкоспециализированную задачу, каждая – свою:

**Fir- Extinguisher Inspection.** Программа для учета проводимых проверок пожарных огнетушителей [1].

**Fir- Hydrant Inspection.** Программа для учета проводимых проверок пожарных гидрантов (рис.1) [2].

**Fir- Inspection.** Программа разработана для поддержки руководителей различного рода организаций при обеспечении пожарной безопасности на рабочих местах (рис.2) [3].

**Fir- Prevention Inspection Checklist.** Программа предназначена для упрощения и документирования процесса проведения проверок пожарной безопасности на предприятиях [4].

Все приложения объединены единой платформой, на которой они разрабатываются. Строго говоря, речь идет не о четырех различных приложениях, а об одном гибко настраиваемом приложении-платформе, на основе которого с использованием специального инструментария создаются эти и многие другие приложения для автоматизации административно-управленческой деятельности руководства предприятий и организаций. Это и является основной и самой интересной особенностью данных приложений.

Среди используемых при создании приложений инструментов можно привести: гибко настраиваемые пользовательские формы, возможность использования геолокации и карт, использование в работе документов Excel и PDF, наличие встроенного форума, использование календарей и настройка оповещений, возможность

использования централизованного хранилища данных.

Очевидным плюсом данной системы является широчайшая гибкость в создании и настройке приложений. Однако это же является и её слабой

стороной: простые решения, создание которых заложено изначально в философию системы, создавать просто, но сложные решения, требующие индивидуального подхода, создать практически нереально.

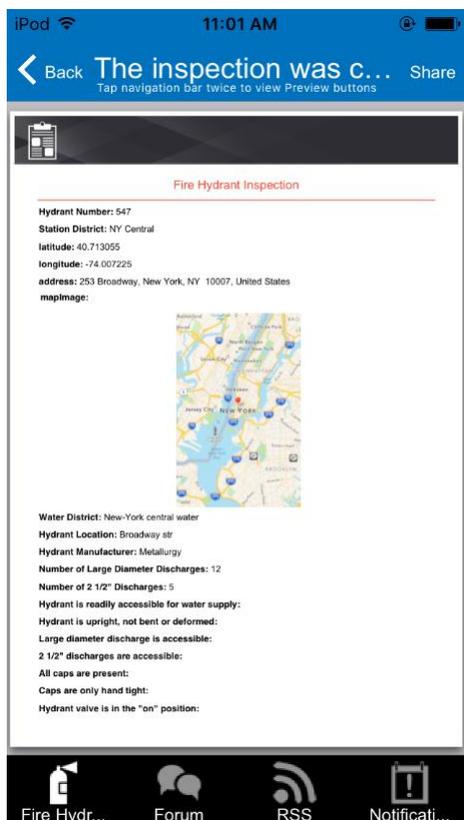


Рис. 1. Мобильное приложение Hydrant Inspection

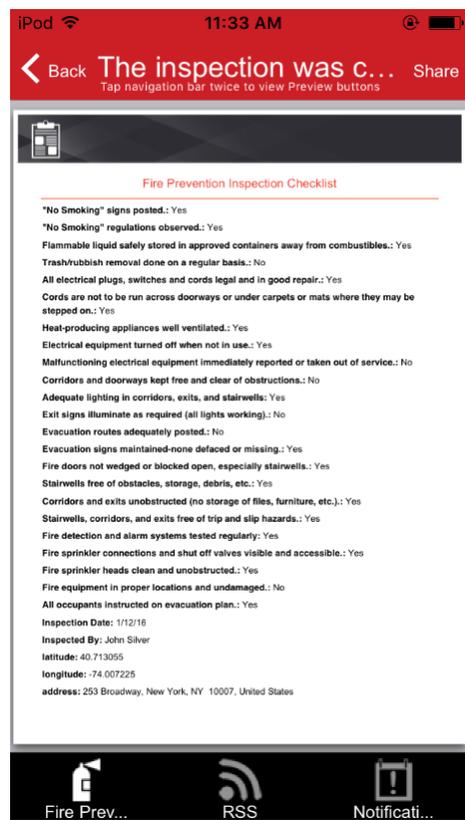


Рис. 2. Мобильное приложение Inspection

Данная разработка хоть и не направлена на прямую автоматизацию административно-управленческих функций пожарных подразделений, однако имеет хорошо проработанную модульную архитектуру. Решения, использованные при ее реализации, могут быть использованы в дальнейшем при разработке СПО.

**Firehouse** – это мощный программный пакет, объединяющий базу данных и графический

пользовательский интерфейс, что позволяет многократно использовать однажды введенные данные (рис. 3, 4). Система организована в виде модулей, которые могут устанавливаться отдельно, по желанию пользователей, в соответствии с их потребностями. Система может поставляться как в виде настольного приложения для использования в качестве локального инструмента, так и в качестве многопользовательского решения.

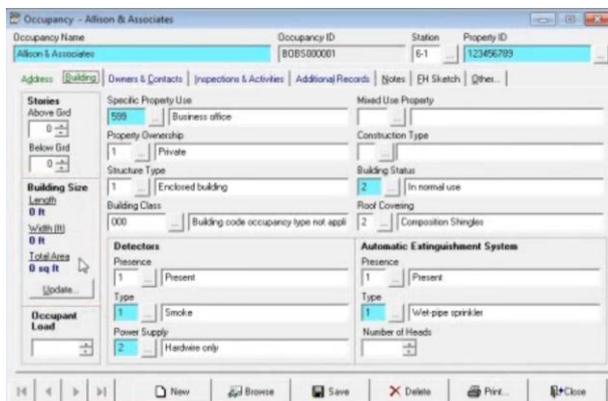


Рис. 3. Ввод данных о пожаре в приложении Firehouse

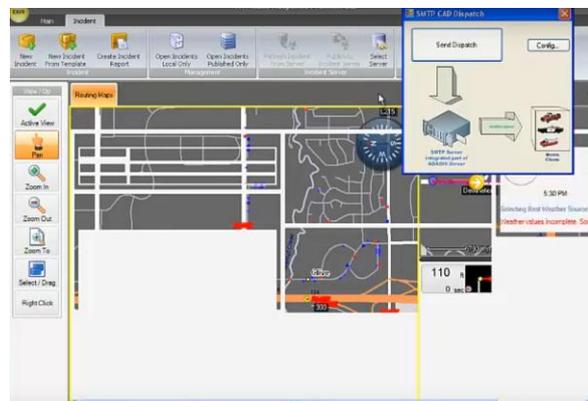


Рис. 4. Карта района выезда в приложении Firehouse

В наиболее общем виде пакет состоит из следующих модулей:

- Приема и обработки поступающей информации;

- Учета собственников домов в районе выезда;
- Учета проверок;
- Учета личного состава пожарной команды;
- Учета учебного процесса;
- Учета дыхательных аппаратов, экипировки и оснащения;
- Учета данных о пожарных гидрантах;
- Управления подразделением (журналирование деятельности, планирование).

Основными особенностями данного решения являются широкий охват специфических проблем, связанных с деятельностью пожарных подразделений в США, и гибкость настройки за счет использования системы подключаемых модулей [5]. Среди основных минусов подавляющее большинство пользователей называют крайнюю сложность системы, а также слабость технической поддержки со стороны разработчиков.

**Firestation** – программное решение, очень похожее на Firehouse, но имеющее и ряд серьезных отличий. Так например, система не имеет модульной архитектуры. Она поставляется целиком, «в сборе» со всеми заложенными функциями (рис. 5).

Перечень, имеющихся в Firestation, функций:

- учет проверок СИЗОД;
- планирование и настройка оповещений о событиях;
- учет огнетушителей;
- учет проверок подразделения;
- учет пожарных рукавов;
- учет гидрантов;
- учет поступающей информации;
- учет оснащения и инвентаря;
- учет лестниц
- предварительное планирование;
- учет веревок;
- автоматизация учета тренировок;
- учет взносов и пожертвований.

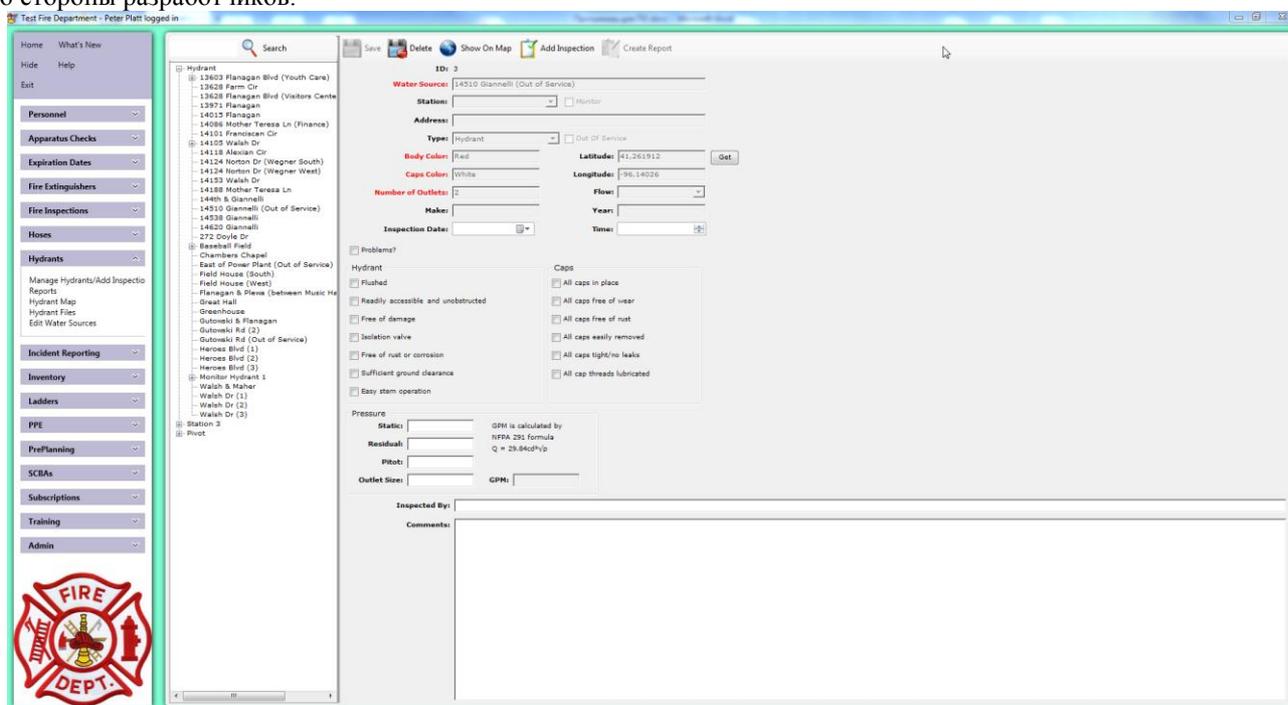


Рис. 5. Ввод данных в приложении Firestation

**Halilgan** – система учета работы и проверок пожарных автомобилей и оборудования (рис. 6). Относительно узконаправленная программа, однако имеющая глубокую проработку в своей области.

Позволяет вести учет работы и проверок пожарных автомобилей, формировать отчеты, сообщать руководству о приближающихся датах проверок и испытаний техники [7].

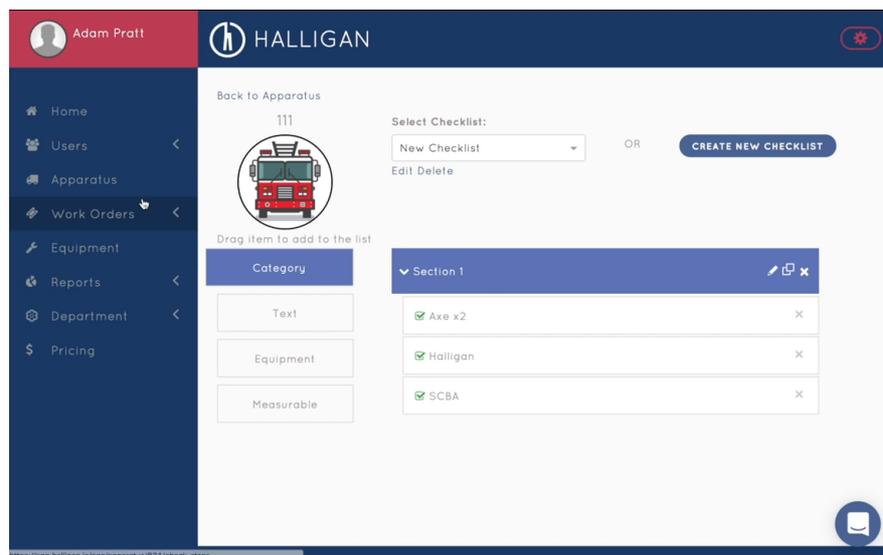


Рис. 6. Пользовательская форма ввода данных о пожарных автомобилях в приложении Haligan

**Adashi First Response** – предоставляет пользователям (в первую очередь оперативным руководителям экстренных служб) максимально подробную информацию об объекте пожара или чрезвычайной ситуации (рис. 7). При получении сообщения о пожаре (ЧС) система автоматически запускает процедуру формирования пакета данных об объекте пожара, в которые входят: кратчайший путь следования с учетом дорожного трафика,

характеристики объекта, расположение ближайших гидрантов, а также прогноз возможного развития событий. Система имеет встроенную базу данных опасности веществ и материалов (в том числе и пожарной опасности), характеристик и оснащенности служб жизнеобеспечения их общих ресурсов и так далее. Данные отсылаются на мобильные устройства оперативных лиц служб жизнеобеспечения [8].

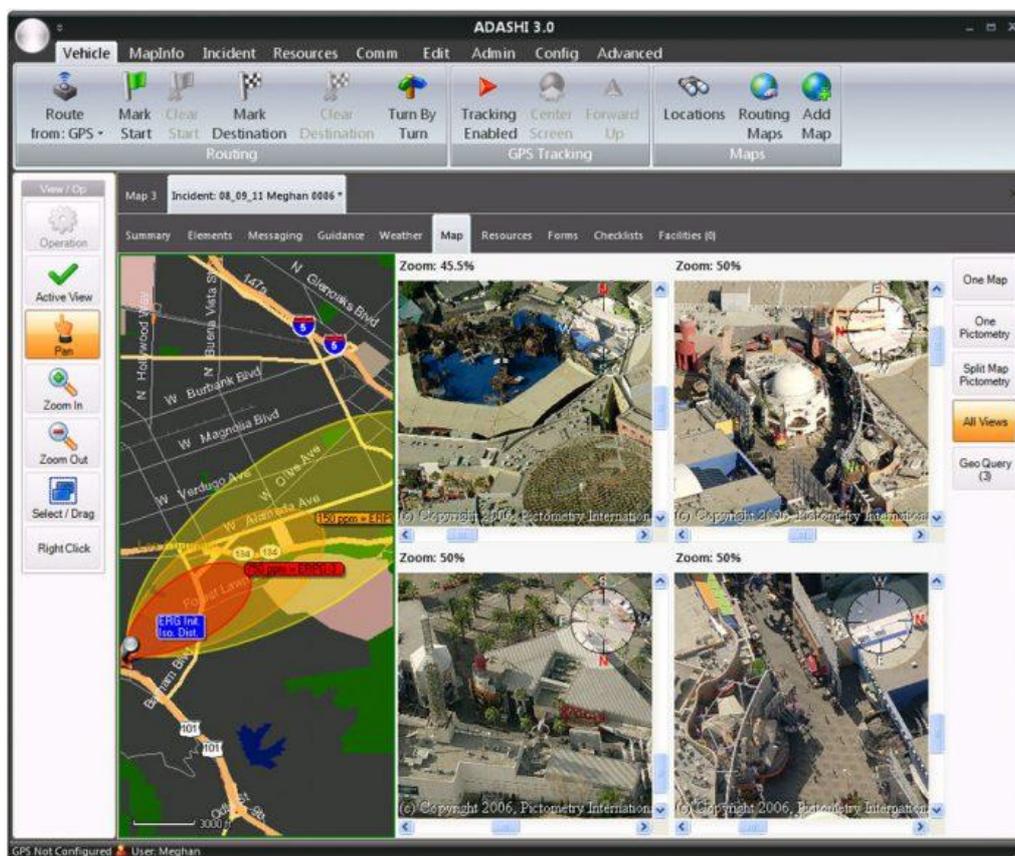


Рис. 7. Прогнозирование развития чрезвычайной ситуации в приложении Adashi First Response

**Fire admin** – еще один пример системы автоматизации административно-управленческих

функций пожарных подразделений. Отличительной особенностью данного решения является то, что оно

полностью реализовано в виде web-приложения, что позволяет получать доступ к системе из любой точки мира, без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

**MobileEyes** – серия из четырех программных решений, в целом обеспечивающих пожарные подразделения подробнейшей информацией об объектах в районе выезда, собранной в ходе стандартных проверок противопожарного состояния. В целом, такой подход можно охарактеризовать как аналог принятой в Российской Федерации системы предварительного планирования действий по тушению пожаров, но с учетом особенностей действующих в США нормативных правовых актов и применения современных информационных технологий.

В состав MobileEyes входят:

**MobileEyes Inspector.** Обширный продукт для решения целого ряда задач предварительного планирования действий: от составления графического поэтажного плана объекта до составления информационной карты. Имеется встроенная база данных опасных веществ и материалов.

**MobileEyes Company Inspector.** Упрощенная версия MobileEyes Inspector, с несколько меньшими возможностями.

**MobileEyes System Inspector.** Версия с уклоном на учет инженерных сооружений объектов, таких как системы тепло- и электроснабжения, а также системы пожарной автоматики.

**MobileEyes Building Inspector.** Версия для подробного учета конструктивных особенностей зданий и сооружений (рис. 8).

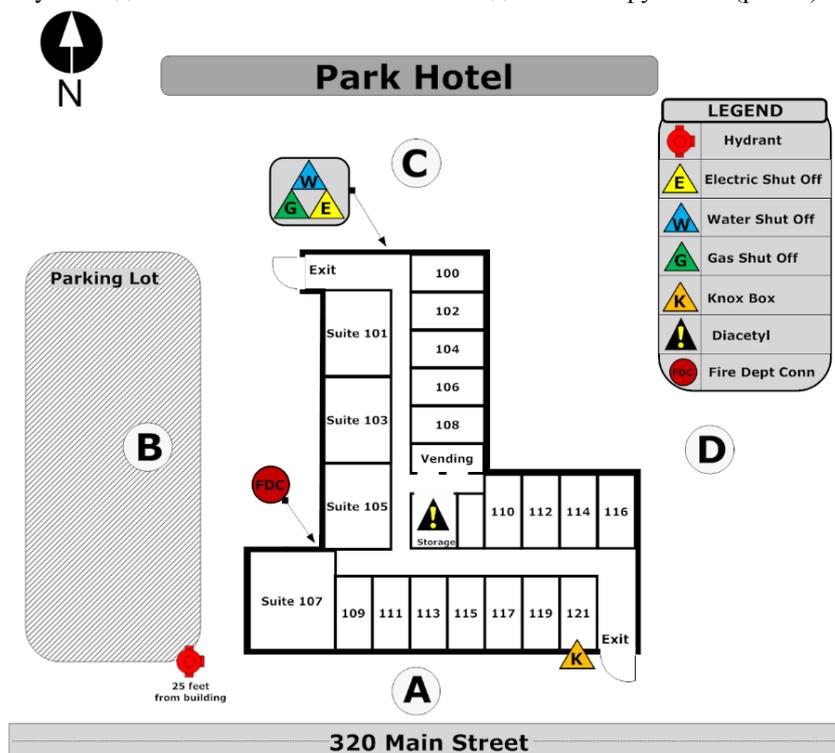


Рис. 8. Поэтажный план объекта в приложении MobileEyes Building Inspector

Помимо перечисленных имеется клиентская версия приложения **MobileEyes Responder**, предназначенная для установки на мобильные устройства лиц, принимающих непосредственное участие в ликвидации пожаров и ЧС. Приложение позволяет просматривать в полном объеме информацию накопленную об объектах в базе данных подразделения [9].

**Evals** – система автоматизации процесса обучения специалистов экстренных служб – пожарных, полицейских, парамедиков, служб

электроснабжения и т.д. Система разработана как умный тренировочный инструмент (рис. 9).

Система позволяет организовывать учебный процесс: планировать проведение занятий, составлять планы обучения, документировать и анализировать прогресс в обучении, записывать видео с занятий, и в дальнейшем использовать его в качестве учебных материалов, использовать оцифрованные учебные материалы, такие как пособия, учебники, лекции и т.д.

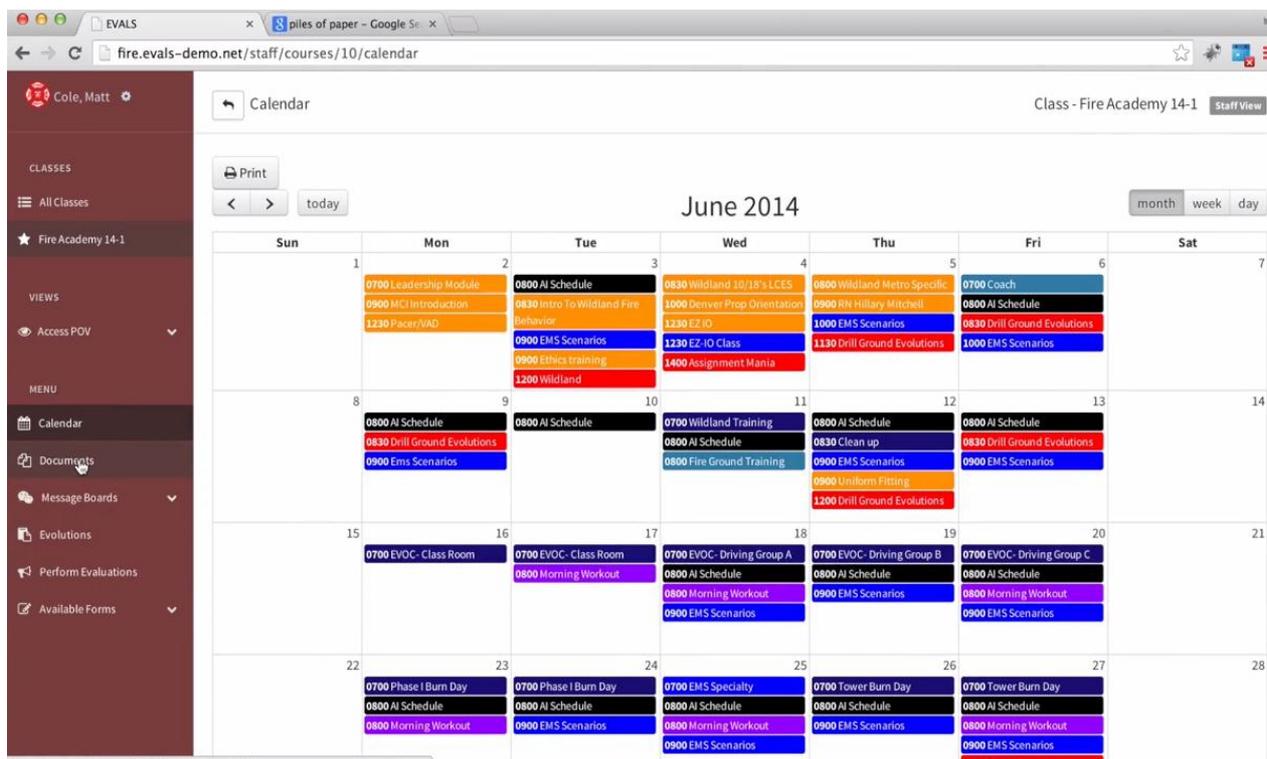


Рис. 9. Планирование учебного процесса в приложении Evals

Наличие встроенного модуля учета электронных подписей позволяет лицам, проводящим проверки профессиональной подготовки, подтверждать свою личность при внесении результатов.

Система имеет веб-интерфейс и разработана как интернет-сайт с ограниченным доступом. При этом система может работать как в режиме онлайн, так и в режиме оффлайн. Архитектура системы позволяет легко адаптировать ее к любым требованиям и для любых направлений обучения, в том числе и не относящихся к экстренным службам [10].

**Emergency reporting** – еще одна система, предназначенная для автоматизации управления пожарными подразделениями. Система также реализована в виде веб-сайта и обладает широким спектром возможностей в части автоматизации процесса управления пожарным подразделением (рис. 10).

Система имеет модульную архитектуру, позволяющую гибко настраивать ее под свои нужды, в зависимости от необходимости и финансовых возможностей.

Система обладает такими модулями, как:

- учет реагирования на происшествия (пожары, ДТП, аварии и пр.);
- учет сведений о районе выезда (ОТХ зданий и сооружений, проездов и т.д.);
- организация планирования и учета тренировок личного состава;
- содержания техники и оборудования;
- аналитики данных;
- формирования отчетов;
- учета пожарных гидрантов;
- кадровой работы;
- учета официальных мероприятий;
- личный дневник пользователя;
- органайзер;
- библиотека [11].

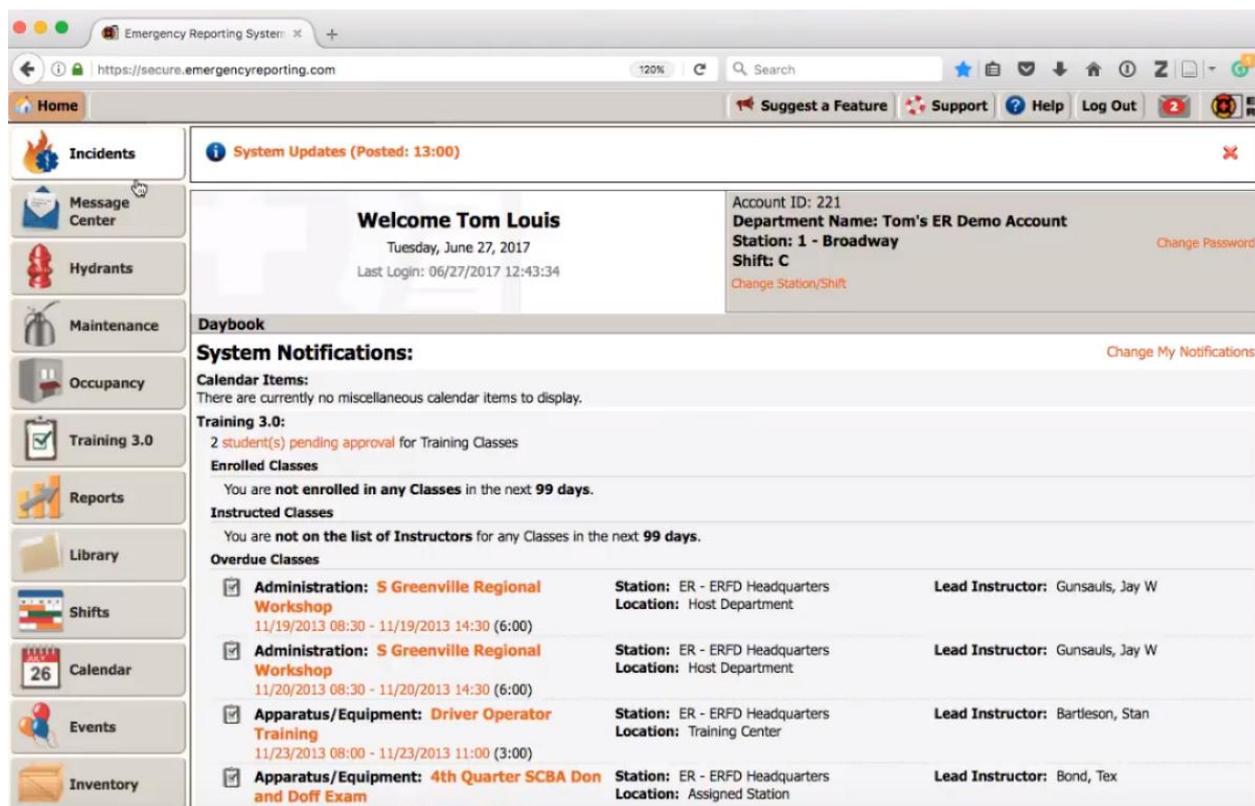


Рис. 10. Пользовательский интерфейс приложения Evals

Краткое изучение вопроса о степени внедрения информационных технологий в деятельность системы управления пожарными подразделениями США показало, что рынок программных продуктов данной категории активно развивается. Очевидно, что в подразделениях экстренных служб наблюдается существенный спрос на подобные разработки, даже несмотря на то, что пожарная служба в США считается традиционно сложилась консервативной в вопросах внедрения новых технологий.

В статье описаны лишь некоторые, наиболее развитые системы, однако они вполне позволяют составить представление о складывающихся тенденциях создания и развития систем автоматизации управленческой деятельности для экстренных служб США. Среди них можно отметить следующие:

- СПО для экстренных служб США разрабатывается преимущественно частными фирмами. Сведений о разработке программного обеспечения в самих пожарных департаментах обнаружено не было;

- большая часть создаваемого в последнее время СПО ориентирована на работу через интернет и имеет веб-интерфейс. Эта тенденция характерна в целом для всего современного программного обеспечения и продиктована теми соображениями, что подобный подход, с одной стороны, упрощает работу с серверными базами данных, а с другой, избавляя от необходимости установки клиентского программного обеспечения, существенно упрощает процесс технической поддержки и отладки;

- почти все разрабатываемое программное обеспечение так или иначе задействует возможности современных мобильных систем: планшетных ПК, смартфонов, навигаторов и пр., что связано с чрезвычайно широким распространением подобных систем в последние годы;

- несмотря на активное использование компьютерных сетей, в разрабатываемое СПО, зачастую закладывается возможность работы оффлайн. Это продиктовано необходимостью обеспечения работоспособности систем экстренных служб в любых условиях, в том числе и при условии отсутствия связи;

- поскольку большая часть информационных объектов, с которыми приходится работать пользователям СПО в пожарных подразделениях, как правило, имеет весьма обширную номенклатуру свойств, реализовать их визуальное представление с точки зрения эргономики и дружелюбности к пользователю сложно. Таким образом в большинстве рассмотренных разработок простота и эргономика пользовательского интерфейса уходят на второй план. На первом месте стоит объем вносимой информации;

- так как деятельность экстренных служб напрямую связана с городской инфраструктурой (здания, проезды, инженерные сооружения и т.д.), в большинстве рассмотренных приложений просматривается стремление использовать элементы геоинформационных систем;

- все СПО для пожарных частей в США платное. Обнаружить информацию о СПО, распространяемом на бесплатной основе, не удалось;

- характерной чертой большинства рассмотренного СПО является модульная архитектура.

#### Заключение.

Приведенный краткий обзор СПО для автоматизации административно-управленческих функций показывает, что данному направлению совершенствования системы управления в спасательных службах США уделяется серьезное внимание. Степень разнообразия и глубины решаемых вопросов свидетельствует о том, что в целом данный тип программного обеспечения не просто хорошо проработан, но и продолжает развиваться.

Очевидно, что на подобные разработки имеется спрос со стороны руководства подразделений. В пользу этого утверждения говорит

большое количество отзывов официальных лиц на то или иное программное обеспечение.

Существенной деталью является тот факт, что разработкой СПО занимается большое количество частных фирм-разработчиков, что в целом характерно для всей модели американской рыночной экономики.

Сравнивая уровень развития СПО в США и Российской Федерации, приходится признать, что отечественные разработки сильно уступают американским аналогам [12]. При этом внедрение подобного программного обеспечения могло бы существенно повлиять на повышение эффективности работы пожарно-спасательных подразделений и поспособствовать внедрению современных методов управления в деятельность экстренных служб.

#### Библиография

1. *Общая информация о приложении Fire Extinguisher Inspection.* – [эл. ресурс]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-extinguisher-inspection/> (дата обращения: 26.06.2017).
2. *Общая информация о приложении Fire Hydrant Inspection.* – [эл. ресурс]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-hydrant-inspection/> (дата обращения: 26.06.2017).
3. *Общая информация о приложении Fire Inspection.* – [эл. ресурс]. URL: <https://www.snappii.com/app/snappii-fire-inspection-app/> (дата обращения: 26.06.2017).
4. *Общая информация о приложении Fire Prevention Inspection.* – [эл. ресурс]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-prevention-inspection-checklist/> (дата обращения: 26.06.2017).
5. *FH online Help.* – [эл. ресурс]. URL: <http://www.firehousesoftware.com> (дата обращения: 26.06.2017).
6. *FIREHOUSE Software Reviews and Pricing – 2017.* – [эл. ресурс]. URL: <http://www.capterra.com/fire-department-software/spotlight/121521/FIREHOUSE%20Software%20Firehouse%20Software> (дата обращения: 27.06.2017).
7. *FirestationSoftware, LCC – Home.* – [эл. ресурс]. URL: <http://www.firestationsoftware.com> (дата обращения: 27.06.2017).
8. *Alternatives to RedAlert NMX.* – [эл. ресурс]. URL: <http://www.topbestalternatives.com/redalert-nmx/> (дата обращения: 27.06.2017).
9. *Fire protection Software | Building Permit Software | MobileEyes.* – [эл. ресурс]. URL: <http://www.mobile-eyes.us.com> (дата обращения: 28.06.2017).
10. *EVALS.NET (Home).* – [эл. ресурс]. URL: <https://evals.net> (дата посещения: 28.06.2017).
11. *Home – Emergency Reporting.* – [эл. ресурс]. URL: <https://explore.emergencyreporting.com> (дата посещения: 28.06.2017).
12. *Малютин, О.С. Информационная среда пожарно-спасательного подразделения / О.С. Малютин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2017. - №1. - С.22 - 28.*

#### References

1. *Obshchaya informaciya o prilozhenii Fire Extinguisher Inspection.* – [ehl. resurs]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-extinguisher-inspection/> (data obrashcheniya: 26.06.2017).
2. *Obshchaya informaciya o prilozhenii Fire Hydrant Inspection.* – [ehl. resurs]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-hydrant-inspection/> (data obrashcheniya: 26.06.2017).
3. *Obshchaya informaciya o prilozhenii Fire Inspection.* – [ehl. resurs]. URL: <https://www.snappii.com/app/snappii-fire-inspection-app/> (data obrashcheniya: 26.06.2017).
4. *Obshchaya informaciya o prilozhenii Fire Prevention Inspection.* – [ehl. resurs]. URL: <https://www.snappii.com/app/fire-prevention-inspection-checklist/> (data obrashcheniya: 26.06.2017).
5. *FH online Help.* – [ehl. resurs]. URL: <http://www.firehousesoftware.com> (data obrashcheniya: 26.06.2017).
6. *FIREHOUSE Software Reviews and Pricing – 2017.* – [ehl. resurs]. URL: <http://www.capterra.com/fire-department-software/spotlight/121521/FIREHOUSE%20Software%20Firehouse%20Software> (data obrashcheniya: 27.06.2017).
7. *FirestationSoftware, LCC – Home.* – [ehl. resurs]. URL: <http://www.firestationsoftware.com> (data obrashcheniya: 27.06.2017).
8. *Alternatives to RedAlert NMX.* – [ehl. resurs]. URL: <http://www.topbestalternatives.com/redalert-nmx/> (data obrashcheniya: 27.06.2017).
9. *Fire protection Software | Building Permit Software | MobileEyes.* – [ehl. resurs]. URL: <http://www.mobile-eyes.us.com> (data obrashcheniya: 28.06.2017).
10. *EVALS.NET (Home).* – [ehl. resurs]. URL: <https://evals.net> (data poseshcheniya: 28.06.2017).
11. *Home – Emergency Reporting.* – [ehl. resurs]. URL: <https://explore.emergencyreporting.com> (data poseshcheniya: 28.06.2017).
12. *Malyutin, O.S. Informacionnaya sreda pozharно-spasatel'nogo podrazdeleniya / O.S. Malyutin // Sibirskij pozharно-spasatel'nyj vestnik. – 2017. - №1. - С.22 - 28.*

## **SHORT REVIEW OF SPECIAL SOFTWARE FOR RESCUE UNITS MANAGEMENT IN USA**

*The information in this paper is showing short review of special software for rescue units management in USA. Observed examples of most commonly interesting from technical and usability sides developments in such area. Marked common features of such software and main trends of one development and deployment. Taken conclusion about perspectives of use of the obtained information in the development of such systems for fire and rescue units in the Russian Federation.*

**Keywords:** *fire service, informational technologies, software, computers, management, automation, informational environment.*

**Малютин Олег Сергеевич,**

*научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности Научно-технического центра,*

*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Железногорск,*

*e-mail: obsidian-pb@mail.ru,*

**Malyutin O.S.,**

*the scientific employee of the department of information support of the population and information support technologies of the ESES and fire safety of the Scientific and Technical Center,*

*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,*

*Russia, Zheleznogorsk.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

*М.Б. Шмырева, А.В. Калач*

*В статье рассматривается система управления при чрезвычайных ситуациях на примере Воронежской области. Проанализирована практика реагирования на крупные чрезвычайные ситуации и выявлены недостатки ее функционирования.*

**Ключевые слова:** антикризисное управление, дежурные службы, система-112, оперативные службы, автоматизированные системы

Управление в условиях чрезвычайных ситуаций – чрезвычайно сложный вид деятельности. Он требует от федеральных органов исполнительной власти, во-первых, быстроты и оперативности в принятии решений, во-вторых, слаженности и мобильности при осуществлении специальных мер по защите населения и окружающей среды, в-третьих, развитую систему оповещения и предупреждения населения о чрезвычайных ситуациях и т.д. Все это создает для управления определенные сложности, заставляет систему постоянно совершенствоваться, модернизироваться и обновляться.

Главное управление МЧС России по Воронежской области (далее - ГУ МЧС России) специально уполномочено решать задачи в области гражданской обороны, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, осуществляет функций в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на территории Воронежской области.

ГУ МЧС России руководит в установленном порядке подразделениями Государственной противопожарной службы МЧС России, Государственной инспекцией по маломерным судам МЧС России, поисково-спасательными, пожарно-спасательными, аварийно-спасательными формированиями и иными подразделениями и организациями МЧС России, находящимися на территории Воронежской области.

ГУ МЧС России взаимодействует с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти, органами государственной власти Воронежской области, органами местного самоуправления, общественными объединениями и организациями.

Пожары 2010 года уничтожили в регионе почти три сотни жилых домов, 6 человек погибли, сотни семей лишились крова. Город практически лишился своих легких, гектары лесных массивов вокруг Воронежа сгорели, а тем временем коммуникация между представителями власти часто отсутствовала. Самые тяжелые последствия от пожаров были именно в 2010 году.

Летом 2010 года природными пожарами были охвачены почти одновременно 22 субъекта РФ, пострадали от огня 180 поселений, сгорело около 2,5 тыс. домов, погибли десятки людей, тысячи людей остались без крова [3]. Площадь утраченного жилья в результате природных пожаров 2010 года только в Центральном федеральном округе составила 47 тыс. м<sup>2</sup>. Полностью уничтожено огнем 127 населенных пунктов. Ущерб, нанесенный российским регионам природными пожарами, составил 85,5 млрд. ₹. В пострадавших от пожара регионах погибло почти 40 % урожая. Подтвержденные прямые затраты хозяйств составили 41,6 млрд. ₹. [4].

Затраты только на ликвидацию лесных пожаров в России и помощь погорельцам, по предварительным данным МЧС, составили свыше 12 млрд. руб. Приведенные данные широко освещались в центральных и местных СМИ за август-декабрь.

В европейской части России особенно пострадали от пожаров Владимирская, Рязанская, Нижегородская, Ивановская, Московская, Воронежская и другие области, республики Марий Эл, Мордовия. В борьбе с огнем участвовали 166120 чел., из них 131 тыс. чел. - профессиональные пожарные и работники МЧС, и 26572 единицы техники, включая 49 воздушных судов [5].

Только в Воронежской области в 2010 году, по данным МЧС, зарегистрировано около 1000 очагов возгорания на площади более 20 тыс. га (табл. 1).

**Динамика пожаров в Воронежской области  
(по данным Главного управления МЧС России по Воронежской области)**

Годы наблюдений	Кол-во возгораний	Средняя площадь одного возгорания, га	Площадь, пройденная пожарами, га	Темп прироста по отношению к 2006 г. (в раз)
2006	697	0,13	213	1,0
2007	954	2,37	2265	10,6
2008	1685	1,11	1875	8,8
2009	1610	1,16	1861	8,7
2010	995	20,46	20359	95,6
2011	1905	0,83	1584	7,4
2012	554	0,44	242	1,1
2013	251	0,43	107	0,5
2014	450	0,83	372	1,7
2015	664	0,94	624	2,4

Из данных таблицы 1 видно, что площадь поражения пожарами в области ежегодно возрастала. Но если в период 2003-2006 гг. это увеличение составляло до 3-х раз, то после реорганизации системы управления лесным хозяйством, после ликвидации лесхозов и лесной охраны, предпринятых согласно новому Лесному кодексу РФ, вступившему в силу 01.01.2007 г., количество пожаров и площадь сгоревших территорий уже в 2007 г. по сравнению с 2006 г. увеличилась в 10,6 раза, а в 2010 г. - почти в 100 раз.

От пожаров в Воронежской области пострадало 19 населенных пунктов, сгорело 309 жилых домов, более 800 надворных построек и 174 дачных строения, погибло 4 человека, без жилья и документов осталось 720 человек (359 семей) [3]. Денежная компенсация на самостоятельное восстановление жилья, которую выбрали 105 семей, составила 109 млн. ₪. Готовые квартиры приобрели 36 семей на общую сумму 44 млн. ₪. Остальным погорельцам по решению администрации области построено 184 новых жилых домов на месте сгоревших. Ущерб от

пожаров в Воронежской области, по данным МЧС России, составил почти 1,5 млрд. ₪.

Кроме финансов, направленных на восстановление жилья и документов пострадавшему населению, государство должно затратить средства на создание инженерной инфраструктуры в населенных пунктах, возвести социальные объекты (дошкольные учреждения, школы, культурно-образовательные центры, медицинские учреждения) и дороги.

Гослесфонду от пожаров наносится огромный урон. Динамика числа лесных пожаров и объемов, поврежденных ими площадей и сгоревшей древесины в России представлена в таблице 9, по данным Росстата[6]. Из данных таблицы 2 видно, что площадь погибших лесных насаждений за 10 лет (с 2006 по 2015 гг. включительно) составила 4,7 млн га. Из них почти 68 % погибло от пожаров и сгорело на корню более 290 млн м<sup>3</sup> древесины. В период за указанные 10 лет среднее число пожаров составило почти 28 тыс. возгораний в год, а потери древесины - 29,1 млн м в год.

Таблица 2

## Динамика числа лесных пожаров и объемов поврежденных ими площадей и сгоревшей древесины в РФ

Показатель	Ед. изм.	Год										Итого/ в среднем за 10 лет
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Погибло лесных насаждений,	тыс. га	777	186	361	631	437	988	311	319	273	447	4730/473
в т.ч. от лесных пожаров	тыс. га	710	141	304	540	150	465	175	200	171	346	3202/320
	%	91,4	75,8	84,2	85,6	34,3	47,1	56,3	62,7	62,6	77,4	67,7
Число лесных пожаров	тыс. случаев возгораний	22,4	33,7	43,4	33,1	27,2	19,2	32,5	17,8	26,3	23,2	278,8/27,9
Лесная площадь, пройденная пожарами	млн га	1,3	0,9	1,4	2,4	0,5	0,8	1,5	1,0	2,1	2,1	14,0/1,4
Сгорело леса на корню	млн м	39,6	16,5	32,4	68,4	15,7	12,3	34,5	16,5	30,1	25,4	2914/29,1

Основными причинами возникновения пожаров в России в 2010 году можно назвать следующие:

1. *Недоработки в лесном законодательстве.* В 2006 году был принят Федеральный закон РФ от 04.12.2006 № 200-ФЗ «Лесной кодекс Российской Федерации», который вступил в силу с 01.01.2007 г., был промышленно ориентирован, направлен в основном на прямое расточительство национальных лесных ресурсов страны и представлял узко корпоративные интересы владельцев лесопромышленного комплекса, полностью игнорируя позиции государственного лесного хозяйства.

2. *Нехватка финансирования.* В России на охрану лесов от пожаров в 2010 году было выделено всего 2,2 млн ₪. Каждый год в Канаде на предотвращение лесных пожаров выделяется не менее 1 млрд \$, а в США - 2-2,5 млрд долларов, несмотря на то, что площадь лесных земель у них гораздо меньше, чем в России. То есть на мониторинг, профилактику и борьбу с природными пожарами в нашей стране затрачивается в 30 раз меньше, чем в странах Северной Америки.

3. *Человеческий фактор.* По данным Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ), одной из основных причин возникновения пожаров за период с 1985 по 2000 гг. был человеческий фактор (64-82 % возгораний) [7]. Сюда входят и неконтролируемый пал сухой травы, и случайно или намеренно брошенная непогашенная спичка или сигарета грибами,

туристами, рыбаками, охотниками и прочими отдыхающими.

4. *Изменения климата.* Очень жаркое и засушливое лето в 2010-2011 гг., а также большие площади осушенных болот способствовали возгоранию и быстрому распространению огня, а также сильному задымлению воздуха, особенно в центральной части России.

Таким образом, неконтролируемая стихия лесных пожаров в 2010-2011 годах обнажила проблемы вопросы нового Лесного кодекса, выявив серьезные недоработки в управлении лесным хозяйством страны. На эту проблему обратило внимание и Правительство РФ, которое пришло к выводу о необходимости укрепления Федерального органа управления лесами, поднятия статуса Рослесхоза и вывода его из Министерства сельского хозяйства РФ и подчинения его непосредственно Российскому Правительству.

Согласно новому Лесному кодексу была проведена ликвидация Рослесхоза как самостоятельного министерства России, были закрыты институты охраны леса и борьбы с лесными пожарами, лесхозы, сокращено число лесников, что привело к сокращению финансирования, а также передачи федеральных лесов в управление и пользование (а по существу и во владение) субъектам РФ и явилось стратегической ошибкой. Природные катаклизмы, возникшие летом 2010 г. из-за отсутствия охраны лесов, привели к массовым природным пожарам, в которых погибли десятки людей, пострадали от пожаров 180 поселений, тысячи людей остались без

крова, выгорело около 3 млн га леса. По данным независимых экспертов, экономический ущерб в стране превысил 375 млрд \$.

В результате хищнической эксплуатации лесов и серии крупных опустошительных пожаров в стране обострилась экологическая и социально-экономическая ситуация, которая требует незамедлительного восстановления единого специализированного государственного органа управления лесным хозяйством РФ по отраслевому и территориальному принципам на уровне самостоятельного министерства и восстановления института лесхозов и службы лесников для охраны российского леса. Повышение лесной ренты до приемлемого уровня может быть одним из источников финансирования долгосрочных программ по выводу лесного хозяйства страны из сложного сложившегося положения позволяет существенно повысить не только легальный доход государства, но и эффективность деятельности предприятий лесного хозяйства, и тем самым решить проблему «убыточности» ведения лесного хозяйства в стране.

Жаркое лето и лесные пожары 2010 года стали переломным моментом в отношении власти к проблемам лесного комплекса. Нужно кардинально менять систему управления российскими лесами, создавать полноценное, укомплектованное

профессионалами самостоятельное министерство лесного хозяйства, не подчиненное другим министерствам и ведомствам.

Еще один пример ликвидации ЧС на территории Воронежской области - пожар в психоневрологическом интернате в селе Алферовка Новохоперского района Воронежской области в 2015 году. После чего на социально значимых объектах страны проведено свыше 10 тыс. тренировок по действиям в случае ЧС, в том числе по эвакуации.

Спасти удалось 55 человек, еще 23 потребовалась помощь медиков – их направили в Новохоперскую ЦРБ. При обследовании створешего корпуса спасатели обнаружили тела 19 погибших. Еще два человека скончались в больнице. Жертвами ЧП стали 23 человека. Прокуратура Воронежской области по следам ЧП в селе Алферовка провела проверки соблюдения пожарной безопасности в интернатах и больницах региона.

Для анализа деятельности территориальных органов Воронежской области антикризисного управления при чрезвычайной ситуации проведем SWOT-анализ деятельности по антикризисному управлению, данные анализа приведем в таблице 3.

Таблица 3

**SWOT-анализ деятельности по антикризисному управлению Воронежской области**

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокая скорость реагирования на симптомы возможных ЧС;</li> <li>- высокая степень взаимодействия между различными территориальными органами МЧС России;</li> <li>- создание паспорта территории Воронежской области, что характеризует риски возможных ЧС;</li> <li>- высокая квалификация сотрудников ЦУКСа МЧС России и Главного управления МЧС России по Воронежской области.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- несвоевременная переработка нормативных правовых актов, в том числе и муниципальных правовых актов, по вопросам защиты населения и территорий от ЧС, обеспечения пожарной безопасности;</li> <li>- недостаточная организация работы по обеспечению населения СИЗ и своевременному их освежению;</li> <li>- недостаточная работа по созданию подразделений пожарной охраны, создаваемых за счет средств субъектов Российской Федерации;</li> <li>- недостаточная работа по созданию страхового фонда документации на опасные производственные объекты и объекты системы жизнеобеспечения.</li> </ul>
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> <li>- совершенствование нормативной правовой базы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;</li> <li>- внедрение новых технологий обучения персонала;</li> <li>- повышение количества учений.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение финансирования: закрытие учебных центров, пожарных частей;</li> <li>- затягивание работ по внедрению системы «Безопасный город»;</li> <li>- сложность во взаимодействии с разными структурами, не входящими в структуру МЧС России.</li> </ul>

Исходя из проведенного анализа видно, что система антикризисного управления при ЧС по Воронежской области функционирует на высоком уровне, имеются все необходимые элементы для нормального функционирования системы. Как показывает практика реагирования на крупные ЧС,

система антикризисного управления имеет ряд недостатков, а именно: недостаточная степень оперативности системы оповещения о ЧС, оптимизация численности сотрудников МЧС России по всем направлениям деятельности министерства.

**Библиография**

1. Балдин К.В. Антикризисное управление: макро- и микроуровень: Учебное пособие / К.В. Балдин. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2011. - 316 с.
2. Даль В.И. Толковый словарь русского языка / В.И. Даль. - М.: ЭКСМО-Пресс, 2004. - 545 с.
3. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016.
4. Моделирование процессов управления и принятие решений в противопожарном страховании социальных и экономических систем / Зенин А.Ю., Шкарупета Е.В., Калач А.В., Шмырева М.Б. // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. № 2. - С. 25 - 31.
5. Новости пожарной безопасности. [эл. ресурс]. URL: [http://www.01-news.ru/smi\\_25.html](http://www.01-news.ru/smi_25.html) (дата обращения: 03.07.2017).
6. Российский статистический ежегодник. 2015. Статсборник. - М.: Росстат. - 2015. - С. 813.
7. Щетинский Е.А. Лесные пожары и организация борьбы с ними / Е.А. Щетинский // Лесное хозяйство России: начало третьего тысячелетия: Сб. статей, подготовленный для XVII Мирового лесного конгресса. - М.: ВНИИЛМ, 2016. - С. 58 - 67.
8. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году». - М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016. - С. 281.

**References**

1. Baldin K.V. Antikrizisnoe upravlenie: makro- i mikrouroven': Uchebnoe posobie / K.V. Baldin. - M.: Izdatel'sko-torgovaya korporaciya «Dashkov i K», 2011. - 316 s.
2. Dal' V.I. Tolkovyj slovar' russkogo yazyka / V.I. Dal'. - M.: EHKSMO-Press, 2004. - 545 s.
3. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera v 2015 godu». - M.: MCHS Rossii. FGBU VNII GOCHS (FC), 2016.
4. Modelirovanie processov upravleniya i prinyatie reshenij v protivopozharnom strahovanii social'nyh i ehkonomicheskikh sistem / Zenin A.YU., SHkarupeta E.V., Kalach A.V., SHmyreva M.B. // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. № 2. - S. 25 - 31.
5. Novosti pozharnoj bezopasnosti. [ehl. resurs]. URL: [http://www.01-news.ru/smi\\_25.html](http://www.01-news.ru/smi_25.html) (data obrashcheniya: 03.07.2017).
6. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik. 2015. Statsbornik. - M.: Rosstat. - 2015. - C. 813.
7. SHCHetinskij E.A. Lesnye pozhary i organizaciya bor'by s nimi / E.A. SHCHetinskij // Lesnoe hozyajstvo Rossii: nachalo tret'ego tysyacheletiya: Sb. statej, podgotovlennyy dlya XVII Mirovogo lesnogo kongressa. - M.: VNIILM, 2016. - S. 58 - 67.
8. Gosudarstvennyj doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera v 2015 godu». - M.: MCHS Rossii. FGBU VNII GOCHS (FC), 2016. - S. 281.

## **A STUDY OF THE SYSTEM OF CRISIS MANAGEMENT IN EMERGENCY SITUATIONS IN THE VORONEZH REGION**

*The article discusses the system of management in emergency situations on the example of Voronezh region. Analyzed the practice of response to major emergencies and shortcomings of its functioning.*

**Keywords:** *crisis management, on-call service, System-112, online services, automated systems.*

**Шмырева Марианна Борисовна,**

*научный сотрудник,*

*к.э.н.,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: mariannaforme@gmail.com*

**Shmyreva M.B.,**

*researcher,*

*Ph. D.,*

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

*Russia, Voronezh.*

**Калач Андрей Владимирович,**

*заместитель начальника института по научной работе,*

*профессор, д.х.н.,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: AVKalach@gmail.com*

**Kalach A.V.,**

*the deputy chief on scientific work f Institute,*

*prof., Sc. In Chemistry,*

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

*Russia, Voronezh.*



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 537.8

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАГРЕВЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*А.И. Бобров, Д.М. Федоров, М.Н. Федоров*

*В работе рассматривается расчет напряженности электрической компоненты внешнего поля, создаваемой рабочими обкладками конденсатора в заданном объеме пространства. Представлено влияние комплексной диэлектрической проницаемости на структуру и размеры санитарно-защитной зоны. Представлен график распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении эффективной высоты нагреваемого материала в 2,5 раз. Представлена зависимость распределения напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении эффективной высоты нагреваемого материала в 6 раз. Представлен график распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении  $tg\delta$ .*

**Ключевые слова:** *Высокочастотный нагрев, конденсатор, емкостного нагрева, электромагнитное поле, санитарно-защитная зона.*

#### **Введение**

Высокочастотный нагрев является одним из широко используемых и перспективных видов термообработки диэлектрических материалов.

Распространение высокочастотного метода нагрева объясняется целым рядом характеристик присущих ему. В первую очередь при высокочастотном нагреве становится реализуемым создания и поддержания высоких скоростей температуры в материале, обеспечения избирательного нагрева при работе с неоднородным материалом, что уменьшает энергетические затраты процесса в целом. Это явление используется, например, в процессах склеивания, выравнивания влажности в процессе сушки и т.д.

При сушке, очистке, полимеризации в связи с уменьшением коэффициента потерь материала в процессе нагрева скорость подъема температуры к концу нагрева автоматически снижается, в связи с этим понижается вероятность перегрева продукта до уровней выходящих за рамки допустимого. Процесс безынерционен и прерывается в момент снятия напряжения с

рабочего конденсатора. Технологические процессы в которых применяется скоростной высокочастотный нагрев без затруднений поддаются механизации и автоматизации.

Появление мощных генераторов, действующих на сверхвысоких частотах (СВЧ), дало возможность для расширения диапазона потенциала промышленного использования диэлектрического нагрева. Увеличение рабочей частоты и вызванное этим повышение удельной мощности тепловыделения делают СВЧ-нагрев сильным средством интенсификации разнообразных технологических процессов. В статье уделено место основным особенностям технологии СВЧ-нагрева, конструкции СВЧ-генераторов и технологических устройств.

#### **Актуальность темы исследования**

Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов осуществляется при их помещении между пластинами конденсатора, к которым подведено напряжение в несколько сотен или тысяч вольт при частоте тока, исчисляемой десятками миллионов герц. Этот вид нагрева часто называют диэлектрическим нагревом. Если частота

тока равна нескольким тысячам миллионов герц (СВЧ-нагрев), то нагреваемый материал помещается не в поле конденсатора, а в волновод или объемный резонатор.

$$P_{уд} = 0,555 \varepsilon_m \operatorname{tg} \delta_m f E_m^2 \cdot 10^{-12}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_m$  - относительная диэлектрическая проницаемость материала;  $\operatorname{tg} \delta_m$  - тангенс угла диэлектрических потерь материала  $f$  - частота изменений направления поля (в дальнейшем частота) Гц;  $E_m^2$  - напряженность поля в материале, В/см.

Рассмотрим нагрев однородного материала в конденсаторах обладающих отличными друг от друга особенностями в которых не применяется воздушный зазор.

Материал находится между пластинами

$$E_m = U_{p.k} / d_m, \quad (2)$$

где  $d_m$  - толщина материала.

Можно принять, что материал для этого решения нагревается равномерно, что также значит, что выделяемая мощность по всему объему материала одинакова.

В случаи однородного материала

$$E_m = \frac{U_{p.k}}{R \ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (3)$$

где  $R$  - расстояние от центра до точки, в которой определяется  $E_m$

На примере формулы (3) видно, что напряженность поля в коаксиальном конденсаторе у внутреннего электрода выше, чем у наружного. Нагрев материала в данном конденсаторе неравномерен. Повышая значения диаметров электродов  $R_1$  (наружного) и  $R_2$  (внутреннего) и понижая дистанцию между ними, реализуема незначительное увеличение равномерности

$$E_m = \beta \frac{U_{p.k}}{a_2}. \quad (4)$$

где  $a_2$  - расстояние между электродами «гребенки».

При нагреве материала в данном конденсаторе отмечается значительная разница в нагреве участков материала, размещенных между электродами и под ними; способом решения этой проблемы является проведение процесс нагрев движущегося материала.

В данном случае нагрева неоднородных материалов, осуществляется более сложное распределение напряженности поля в материале, связанное с тем как неоднородные включения размещены в поле конденсатора - вдоль или поперек силовых линий электрического поля.

Удельная мощность (Вт/см<sup>3</sup>), выделяющаяся в единице объема диэлектрика, может быть определена по формуле [1, 3, 6]

плоскопараллельного конденсатора. Для этого варианта присущи следующие особенности: напряжение  $U_m$ , примененное к материалу, является равным напряжению  $U_{p.k}$ , подводимому к рабочему конденсатору, а напряженность поля в материале при сравнительно малых дистанциях между пластинами находится простым уравнением (здесь и далее приведены формулы расчета напряженности поля в материале без учета краевых эффектов)

помещенного в конденсатор коаксиального типа, также получим величину  $U_m = U_{p.k}$ . Напряженность поля в материале будет равна  $U_m = U_{p.k}$

нагрева.

Выше проанализированы конденсаторы, электроды которых размещаются с двух сторон нагреваемого материала. В некоторых случаях возникает необходимость их установки по одну сторону материала и нагрев осуществляется в так называемых «гребенчатых» электродах. Для проведения инженерных расчетов допустимо применить приближенную формулу [7]

Отдельные полосы материалов с различными электрическими показателями находятся вдоль линий электрического поля. Для этого варианта характерно то, что полосы включены параллельно и находятся под одним и тем же напряжением, равным напряжению на рабочем конденсаторе, из этого можно сделать вывод, что и напряженность электрического поля в каждом материале будет одинаковым. Как следствие, на основании формулы (1), интенсивнее нагревается тот материал, для которого характерен больший фактор потерь. Отношение удельных мощностей будет равно

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\varepsilon_1 \operatorname{tg} \delta_1}{\varepsilon_2 \operatorname{tg} \delta_2}. \quad (5)$$

Отдельные полосы материала с различными характеристиками расположены поперек силовых линий электрического поля. В этом случае полосы включены между собой последовательно, при малых значениях тангенса

угла диэлектрических потерь, т.е. при  $\operatorname{tg} \delta \ll 1$ , отношение удельных мощностей, выделяющихся в отдельных участках материала, будет

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\varepsilon_2 \operatorname{tg} \delta_1}{\varepsilon_1 \operatorname{tg} \delta_2}. \quad (6)$$

Величину напряженности поля в каждом слое можно определить по следующим формулам:

$$E_1 = \frac{U_{\text{п.к.}}}{\varepsilon_1 \left( \frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right)}, \quad (7)$$

$$E_2 = \frac{U_{\text{п.к.}}}{\varepsilon_2 \left( \frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} \right)}. \quad (8)$$

В общем виде для многослойного конденсатора, состоящего из  $n$  слоев, соединенных

последовательно, значение напряженности поля в  $k$ -м слое может быть найдено из выражения

$$E_k = \frac{U_{\text{п.к.}}}{\varepsilon_k \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\varepsilon_i}}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \dots, n. \quad (9)$$

Как итог получим то, что наличие неоднородных значений приводит к избирательности нагрева, для которого есть возможность применения в технологических целях. Например, предстоит склеить две доски. Пусть относительная диэлектрическая проницаемость древесины  $\varepsilon_{\text{др}} = 2$  и тангенс угла диэлектрических

потерь  $\operatorname{tg} \delta_{\text{др}} = 0,04$ . Относительная диэлектрическая проницаемость клея  $\varepsilon_{\text{кл}} = 40$  и  $\operatorname{tg} \delta_{\text{кл}} = 0,4$ .

Если клеевой шов расположить вдоль силовых линий электрического поля, то из соотношения (4) получим

$$\frac{p_{\text{др}}}{p_{\text{кл}}} = \frac{\varepsilon_{\text{др}} \operatorname{tg} \delta_{\text{др}}}{\varepsilon_{\text{кл}} \operatorname{tg} \delta_{\text{кл}}} = \frac{2 \cdot 0,04}{40 \cdot 0,4} = 0,005, \quad (10)$$

т.е. удельная мощность, выделяющаяся в клеевом шве, в 200 раз превышает значение удельной мощности, выделяющейся в древесине, что и обеспечивает проведение технологического

процесса склеивания быстро и с малыми потерями мощности в древесину.

Если же клеевой шов расположить поперек силовых линий поля, то

$$\frac{p_{\text{др}}}{p_{\text{кл}}} = \frac{\varepsilon_{\text{др}} \operatorname{tg} \delta_{\text{др}}}{\varepsilon_{\text{кл}} \operatorname{tg} \delta_{\text{кл}}} = \frac{40 \cdot 0,04}{2 \cdot 0,4} = 2, \quad (11)$$

т.е. выделяющаяся в клеевом шве удельная мощность в этом случае в два раза ниже, чем в древесине. Технологический процесс ведется дольше и энергетически неэкономично.

В коаксиальном конденсаторе с двумя слоями диэлектрика напряженность поля по слоям будет равна

$$E_1 = \frac{U_{\text{п.к.}}}{R \left( \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \ln \frac{R_3}{R_2} \right)}, \quad (R_1 \leq R \leq R_2); \quad (12)$$

$$E_2 = \frac{U_{\text{п.к.}}}{R \left( \ln \frac{R_3}{R_1} + \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \ln \frac{R_2}{R_1} \right)}, \quad (R_2 \leq R \leq R_3), \quad (13)$$

где  $R_3$  – внешний диаметр двухслойного коаксиального конденсатора.

С целью увеличения интенсивности нагрева следует повысить напряжение на конденсаторе. Для создания условий электрической прочности рабочего конденсатора с нагрузкой и необходимой интенсивности нагрева в соответствии с выражением (1) необходимо двигаться в направлении повышения рабочей частоты.

К достоинствам емкостного нагрева, как сказано выше, относится:

- достижение высоких скоростей температур;
- избирательность нагрева при обработке неоднородных материалов (склеивание, выравнивание влажности в процессе сушки и т.д.);
- резкое снижение вещественного загрязнения окружающей среды вредными химическими элементами;
- безынерционность процесса и прекращение его со снятием напряжения с рабочего конденсатора.

При наличии большого количества достоинств емкостного нагрева у него есть, и недостатки к одной из основных относится загрязнение окружающей среды электромагнитным излучением. При работе установки емкостного нагрева на рабочих местах создается электромагнитное поле (ЭМП) причем преобладает его электрическая составляющая. Источниками ЭМП при диэлектрическом нагреве являются

обкладки рабочего конденсатора. В промышленном производстве используются установки с фиксированными значениями рабочих частот 5,28 МГц; 13,56 МГц; 27,12 МГц; 40,68 МГц; 81,36 МГц; 152,5 МГц при которых глубина проникновения в материал начинается десятками метров и обычно превышает линейные размеры материала.

При выполнении некоторых технологических операций наблюдается превышение нормируемых показателей, к ним относится:

- сварка термопластических материалов больших размеров;
- предварительный подогрев древесностружечной массы перед прессованием, при изготовлении ДСП;
- сушка различных материалов и т.д.

#### Экспериментальная часть

В данной работе исследовались установки, выпускаемые нашей промышленностью: ВЧД 6-4/27; ВЧД 12-160/13 с рабочими частотами 27,12 и 13,56 соответственно [12, 13]. Создаваемые этими установками ЭМП при напряженности его электрической компоненты, превышающей нормируемый ГОСТом 12.1.006-84 значение, представляет опасность для рабочего [4].

Геометрия модели высокочастотного нагрева в поле конденсатора с плоскопараллельными пластинами показана на рис. 1 [2, 5].

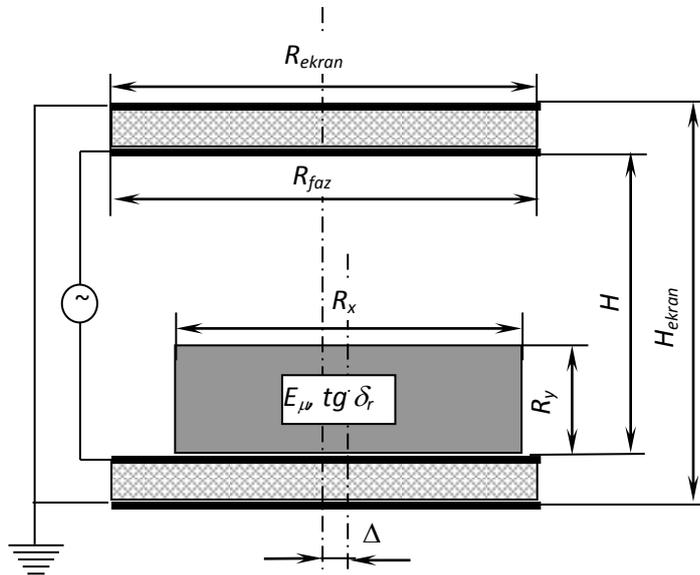


Рис. 1. Геометрия модели высокочастотного нагрева в поле конденсатора с плоскопараллельными пластинами

где:  
 -  $R_{ekran}$  - длина экрана, м;  
 -  $R_{faz}$  - длина фазовой обкладки, м;  
 -  $R_x$  - эффективная ширина нагреваемого материала, м;  
 -  $\Delta$  - смещение центра нагреваемой заготовки относительно оси симметрии высокочастотной установки;

-  $H$  - расстояние между обкладками конденсатора;  
 -  $R_y$  - высота нагреваемого материала, м;  
 -  $H_{ekran}$  - высота экрана, м;  
 -  $U$  - разность потенциалов между обкладками конденсатора, В;

$\epsilon_{\mu} = 5 - i \cdot 10$  - эквивалентная диэлектрическая проницаемость нагреваемого вещества.

В разработанной модели был использован конечно-разностный метод решения уравнения Лапласа с граничными условиями для электрической компоненты поля [1, 8-11]

$$\Delta\varphi = 0, E_{\tau i} = E_{\tau j}, \tag{14}$$

где  $i, j$  - соприкасающиеся зоны структуры с различными диэлектрическими проницаемостями. Потенциал  $\varphi$  принят равным нулю на земной поверхности, а в точках местоположения обкладок

конденсатора потенциал задается с учетом фазы в комплексном виде.

Итерационный процесс включает от 1000 до 4000 циклов, осуществляемых в соответствии с выражением

$$\varphi_{i,j} = \frac{\epsilon_{i+1,j} \cdot \varphi_{i+1,j} + \epsilon_{i,j+1} \cdot \varphi_{i,j+1} + \epsilon_{i-1,j} \cdot \varphi_{i-1,j}}{\epsilon_{i+1,j} + \epsilon_{i,j+1} + \epsilon_{i-1,j} + \epsilon_{i,j-1}} + \frac{\epsilon_{i,j-1} \cdot \varphi_{i,j-1}}{\epsilon_{i+1,j} + \epsilon_{i,j+1} + \epsilon_{i-1,j} + \epsilon_{i,j-1}}, \tag{15}$$

где  $i, j$  - номера узлов выбранной сетки пространства, в котором вычисляется потенциал электромагнитного поля [5].

воздушного зазора между материалом и электродами зависят распределение напряжения или в конечном счете уровни напряженности электрического поля в отдельных участках материала.

Далее строится распределение потенциала  $\varphi$  или напряженности поля  $\vec{E} = grad(\varphi)$  в виде карты линии равного уровня, трехмерной поверхности или двумерной зависимости.

Как правило, при нагреве диэлектрических материалов неосуществимо создание плотного контакта электродов рабочего конденсатора с нагреваемым изделием. Для данного варианта характерно образование между материалом и одним из электродов (а иногда между обоими электродами) воздушного зазора. В этом случае рабочий конденсатор рассматривается как конденсатор с последовательно включенными слоями и тогда отношение напряженностей полей в воздушном зазоре и материале определяется как

На рис. 2 представлено двухмерная зависимость распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня.

Устройство рабочего конденсатора, который является местом осуществления процесса нагрева, обуславливается конфигурацией нагреваемого материала, присущими ему характеристиками и ограничениями предъявляемыми технологическим процессом. От состава материала, наличия и величины

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2 \sqrt{1 + tg \delta_1^2}}{\epsilon_1 \sqrt{1 + tg \delta_2^2}} \tag{16}$$

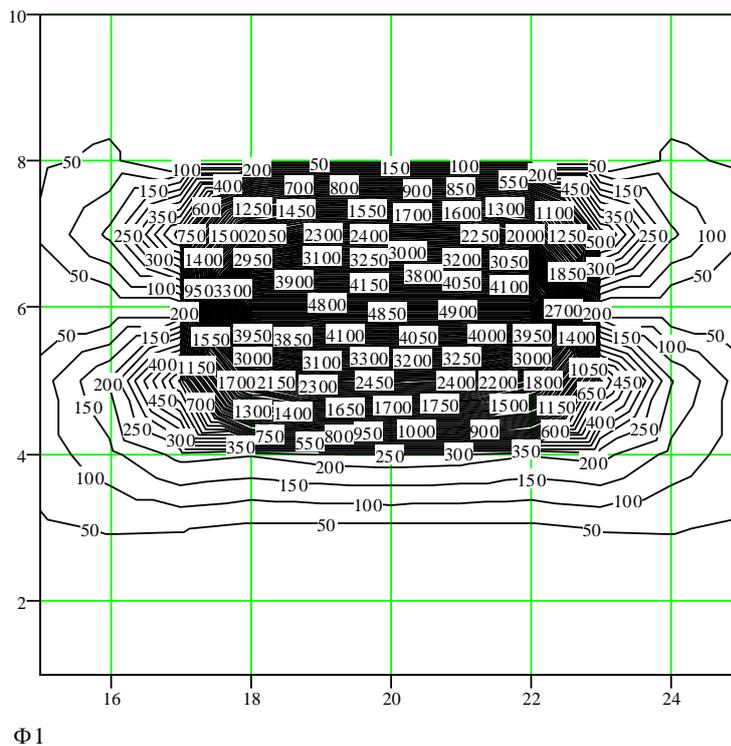


Рис. 2. Двухмерная зависимость распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня

При малых значения тангенса угла диэлектрических потерь, т.е. при  $\text{tg } \delta \ll 1$ ,

$$\frac{E_1}{E_2} \approx \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}. \quad (17)$$

Если  $\varepsilon_1 = 1$  напряженность электрического поля в воздушном зазоре будет в  $\varepsilon_2$  раз больше чем в материале

$$E_1 = \varepsilon_2 E_2. \quad (18)$$

При увеличении эффективной высоты нагреваемого материала происходит увеличение санитарно-защитной зоны, на рис. 3 и 4 представлены соответственно графики

зависимостей распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении эффективной высоты нагреваемого материала в 2,5 и 6 раз относительно рис. 2.

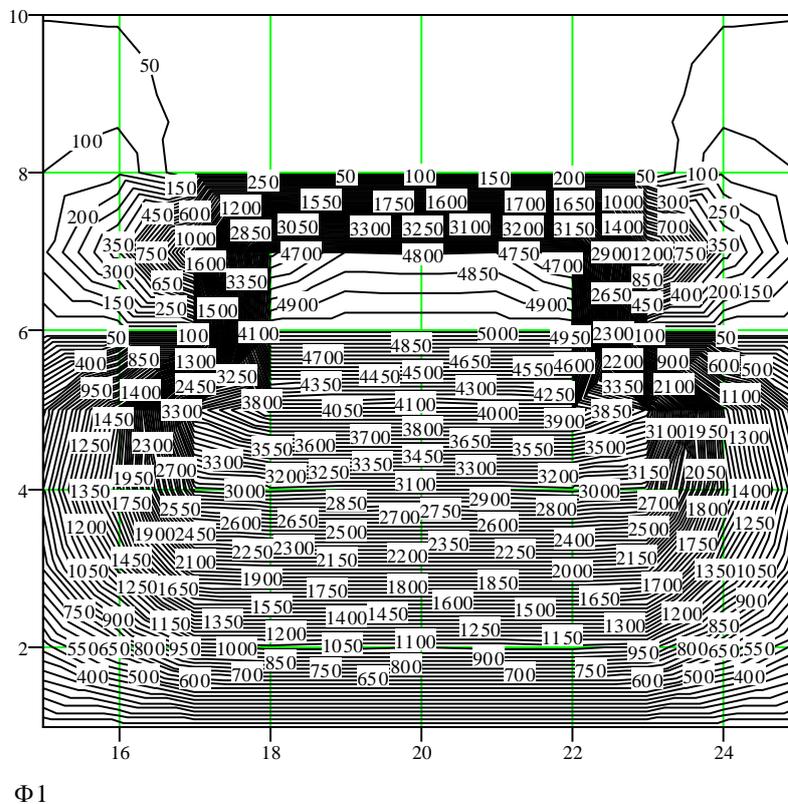
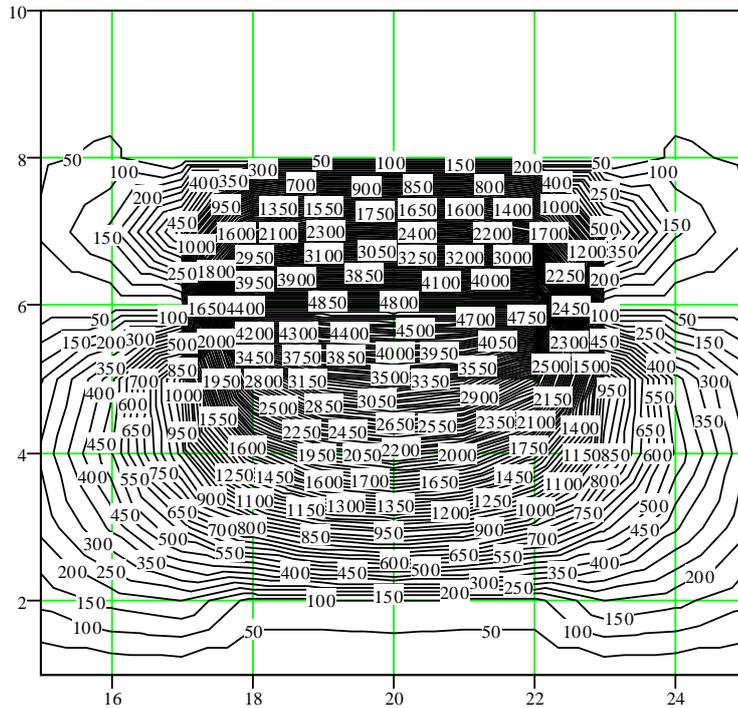


Рис. 3. Зависимостей распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении эффективной высоты нагреваемого материала в 6 раз

Большое влияние на структуру санитарно-защитной зоны оказывает смещение центра нагреваемой заготовки относительно оси симметрии высокочастотной установки.

Характерный график распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня для этого случае представлен на рис. 5.

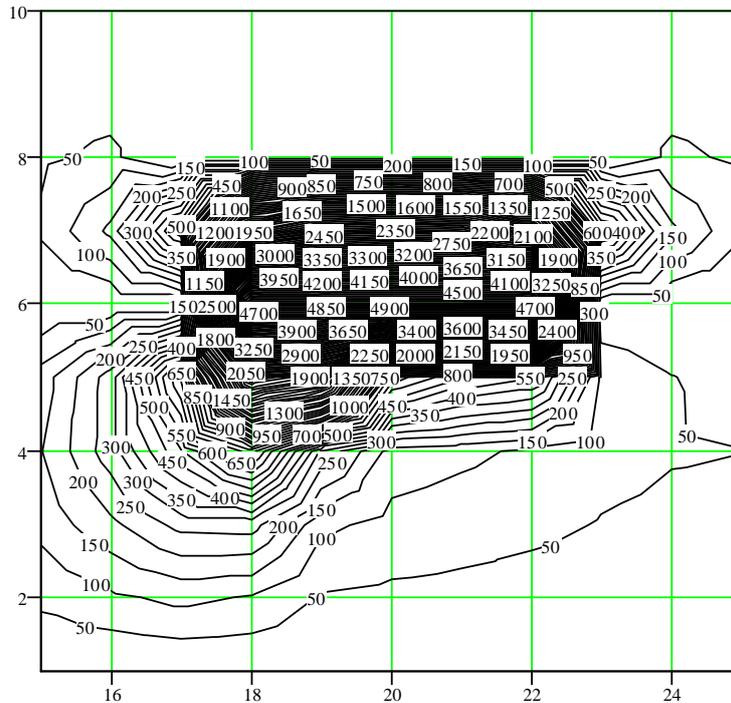


Ф1

Рис. 4. График распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении эффективной высоты нагреваемого материала в 2,5 раз

Как правило, материалы, нагреваемые в поле высокочастотной установки диэлектрического нагрева, неоднородны и характеризуются средними значениями параметров, используемых для расчета распределения электрической составляющей напряженности ЭМП. Зная значение относительной

диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  каждого из компонентов и их взаимного расположения, то возможно по приближенным формулам смесей рассчитать среднее значение  $\epsilon$  веществ в целом [10, 11].



Ф1

Рис. 5. График распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при смещении центра нагреваемой заготовки относительно оси симметрии высокочастотной установки

Если нагреваемый материал представляет собой слоистую структуру, где каждый слой различается относительно другого значением относительной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_1$ , если поле направлено вдоль слоев

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon_1 d_1 + \varepsilon_2 d_2}{d_1 + d_2}, \quad (19)$$

если поле направлено вдоль слоев

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 (d_1 + d_2)}{\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1} \quad (20)$$

При увеличении числа слоев в числителе и знаменатели в уравнениях 19 и 20 соответственно увеличивается число слагаемых. Лихтенкером выведена приближенная формула для расчета  $\varepsilon_{\text{ср}}$ ,

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \varepsilon_2 \left( \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right)^V \quad (21)$$

где  $V = V_1/V_{\text{общ}}$  - отношение объема, занимаемого неоднородным включением, к общему объему среды [7, 9].

$$\varepsilon = \varepsilon' - j \cdot \varepsilon'' \quad (22)$$

где  $\varepsilon'$  - вещественная часть, характеризующая отношение емкостей конденсатора после идо введения в него диэлектрика;

$\varepsilon''$  - мнимая часть значения диэлектрической проницаемости характеризующая поглощение

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \text{tg } \delta = \frac{\sigma \sigma}{\omega \cdot \varepsilon'} \quad (23)$$

где  $\text{tg } \delta$  - тангенс угла диэлектрических потерь материала;  $\sigma$  - удельная электрическая проводимость;  $\omega$  - круговая частота.

Влияние комплексной диэлектрической проницаемости на структуру и размеры санитарно-защитной зоны представлено на рис. 6 ( $\varepsilon_\mu = 25 - i \cdot 60$ ) для сравнения на рис. 5 ( $\varepsilon_\mu = 5 - i \cdot 10$ ). Мы видим уменьшение санитарно-защитной зоны с увеличением  $\text{tg } \delta$ .

Электрические свойства нагреваемого объекта определяется структурой и связанной с ней поляризацией. Все существующие типы поляризации мы разделим на два вида:

- к первому отнесем электронную и ионную поляризацию, которые происходят в

$\varepsilon_2$  и толщиной  $d_1, d_2$ , то среднее значение относительной диэлектрической проницаемости  $\varepsilon_{\text{ср}}$  определяется как:

когда включения произвольной формы с относительной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_1$  размещены в среде с  $\varepsilon_2$ ,

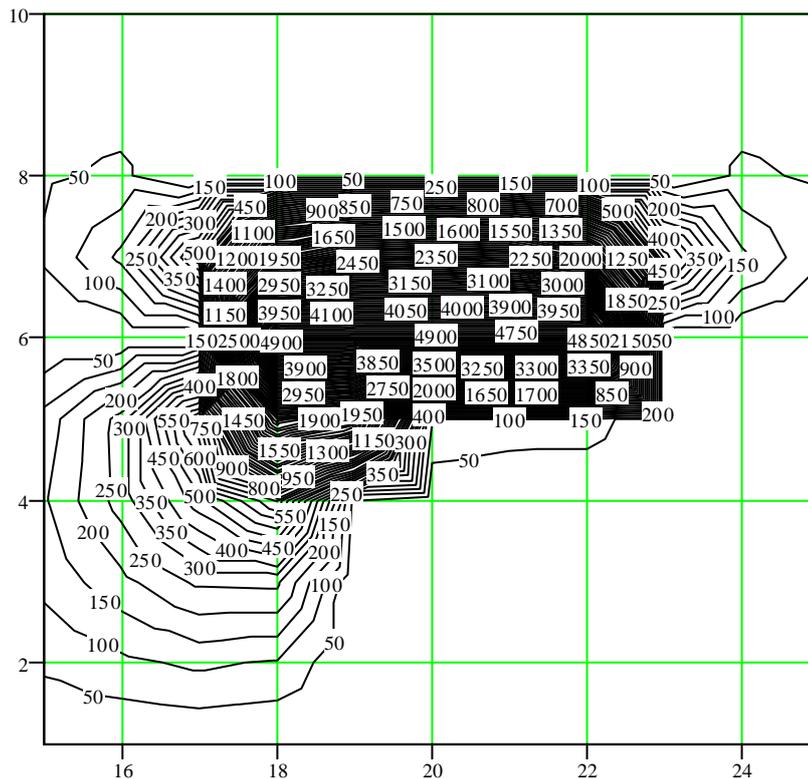
Процессы, происходящие в диэлектрике, помещенном в переменное поле, описываются введением величины комплексной диэлектрической проницаемости

энергии в веществе, помещенном в электрическое поле, называется коэффициентом потерь диэлектрика и определяется

диэлектрике практически мгновенно и без выделения теплоты;

- второй вид поляризации называется релаксационным (дипольная, ионно-релаксационная, миграционная, спонтанная) и он сопровождается выделением энергии в диэлектрике.

Упругое смещение и деформация электронных оболочек атомов происходит при электронной поляризации. К диэлектрикам, имеющим только такой вид поляризации, относятся слабополярные или неполярные кристаллические и аморфные твердые материалы: полистирол, полиэтилен, фторопласт, парафин, нафталин и т.д.



Ф1

Рис. 6. График распределение напряженности поля в виде карты линии одинакового уровня при увеличении  $tg \delta$

Смещением упруго связанных ионов обусловлена ионная поляризация, которая характерна для кристаллических твердых тел с плотной упаковкой ионов: кварц, слюда.

Изменение ориентации диполей и радикалов относительно молекул связана с дипольной поляризацией. Она свойственна жидким полярным органическим и твердым веществам, например, эпоксидные смолы, целлюлоза. При увеличении температуры поляризация сначала повышается, а затем уменьшается из-за повышения хаотического теплового движения молекул, препятствующего влиянию поля.

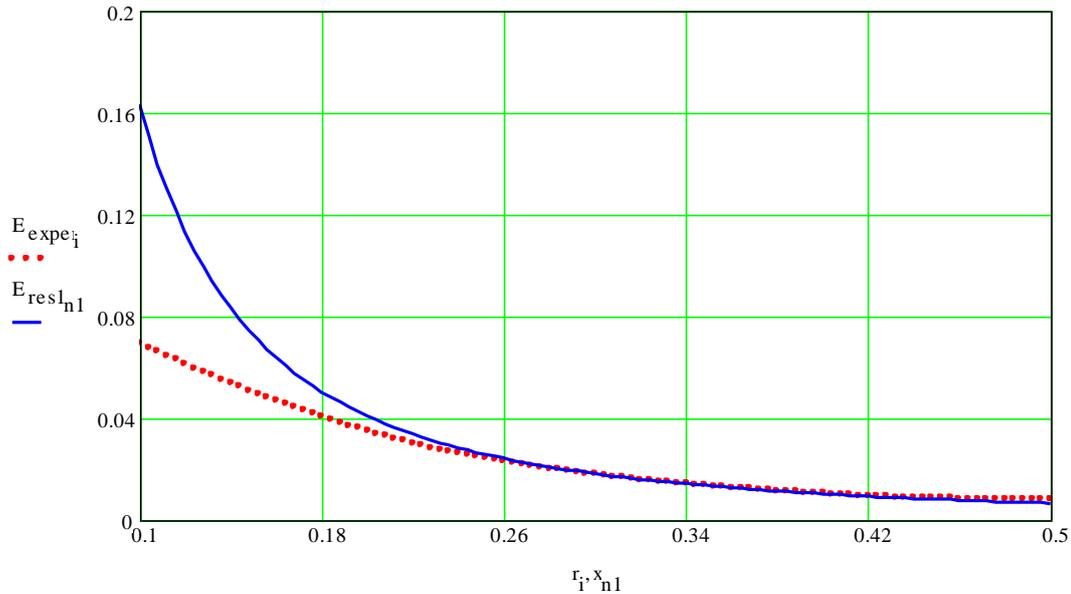
Ионно-релаксационная поляризация типична для неорганических стекол, материалов, включающих в себя стеклообразную фазу (фарфор,

микалекс), и кристаллических диэлектриков неплотной упаковкой ионов. С увеличением температуры поляризация усиливается.

Разделение диэлектриков на группы в соответствии с видом поляризации дает возможность прогнозировать характер температурной зависимости от диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, а у отдельных материалов и их численное значение.

### Выводы

В работе осуществлена проверка адекватности полученных математических моделей экспериментальным данным. Результаты инструментальной проверки расчетных результатов приведены на рис. 7.



**Рис. 7.** Сравнение экспериментальной (кривая из точек) и расчетной (сплошная кривая) напряженностей поля, создаваемых установками диэлектрического нагрева

Результаты и иллюстрируют удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных зависимостей напряженности электрической компоненты, В/м от расстояния до точки измерения. Различия при расстояниях меньших 0,2 м вызваны погрешностями измерений при расстояниях, сопоставимых с длиной измерительной антенны и не превышают 10%.

Построение математической модели прогнозирования уровня распределения  $E$ -составляющей ЭМП позволило посредством компьютерного моделирования оценить зависимость формы санитарно-защитной зоны вокруг исследуемого объекта от расположенных относительно друг друга источников ЭМИ, к которым подведена одинаковая мощность от ВЧ генераторов.

### Библиография

1. Бинс К. Анализ и расчет электрических и магнитных полей / К. Бинс, П. Лауренсон. - М.: Энергия, 1970.
2. Брицын Н.Л. Нагрев в электрическом поле высокой частоты / Н.Л. Брицын. - Л.: Машиностроение, 1965. 92 с.
3. Глуханов Н.П. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении. 2-е изд., перераб. и доп. / Н.П. Глуханов, И.Г. Федорова. - Л.: Машиностроение, 1983. - 104 с.
4. ГОСТ Р 51318.11-99 (СИСПР 11-97) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от промышленных, научных, медицинских и бытовых (ПНМБ) высокочастотных устройств. Нормы и методы испытаний. – взамен ГОСТ 23450-79; введ. 2001-07-01. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 34 с.
5. Демирчян К.С. Машинные расчеты электромагнитных полей / К.С. Демирчян, В.Л. Чечурин. - М.: Высшая школа, 1986.
6. Княжевская Г.С. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов / Г.С. Княжевская, М.Г. Фирсова, Р.Ш. Килькеев. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ие, 1989. - 64 с.

### References

1. Bins K. Analiz i raschet ehlektricheskikh i magnitnyh polej / K. Bins, P. Laurensen. - M.: ENnergiya, 1970.
2. Bricyn N.L. Nagrev v ehlektricheskom pole vysokoj chastoty / N.L. Bricyn. - L.: Mashinostroenie, 1965. 92 s.
3. Gluhanov N.P. Vysokochastotnyj nagrev diehlektricheskikh materialov v mashinostroenii. 2-e izd., pererab. i dop. / N.P. Gluhanov, I.G. Fedorova. - L.: Mashinostroenie, 1983. - 104 s.
4. GOST R 51318.11-99 (SISPR 11-97) Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv ehlektromagnitnaya. Radiopomekhi industrial'nye ot promyshlennyh, nauchnyh, medicinskih i bytovyh (PNMB) vysokochastotnyh ustrojstv. Normy i metody ispytaniy. – vzamen GOST 23450-79; vved. 2001-07-01. - M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2000. – 34 s.
5. Demirchyan K.S. Mashinnye raschety ehlektromagnitnyh polej / K.S. Demirchyan, V.L. Chechurin. - M.: Vysshaya shkola, 1986.
6. Knyazhevskaya G.S. Vysokochastotnyj nagrev diehlektricheskikh materialov / G.S. Knyazhevskaya, M.G. Firsova, R.SH. Kil'keev. - L.: Mashinostroenie. Lenigr. otd-ie, 1989. - 64 s.
7. Kudin V.N. Vysokochastotnyj nagrev

7. Кудин В.Н. *Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников* / В.Н. Кудин, А.В. Нетушил, Е.В. Парин. – М.; Л.: Мосэнергоиздат, 1959. - 480 с.

8. Моисеев Н.Н. *Математические задачи системного анализа* / Н.Н. Моисеев. - М.: Наука, 1981.

9. Нейман П.Р. *Теоретические основы электротехники* / П.Р. Нейман, К.С. Демирчак. – М.; Л.: Энергия, 1967. – Т. 2. – Ч. 4. - 410 с.

10. Питолин В.М. *Автоматизация проектирования воздушных линий электропередач с учетом электромагнитной безопасности* / В.М. Питолин, М.Н. Фёдоров - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2015. - 170 с.

11. Фуско В. *СВЧ цепи. Анализ и автоматическое проектирование* / В. Фуско. - М.: Р. и С., 1990. - 288 с.

12. *Электротермическое оборудование: Справочник* / Под общ. ред. А. П. Альтраузена. - М.: Энергия, 1980.

13. Jones, P.L., Rowley A.T. *Dielectric Drying.* / P.L. Jones, A.T. Rowley // *Drying Technology*, 1996. 14(5). P. 1063 – 1098.

*dielektrikov i poluprovodnikov* / V.N. Kudin, A.V. Netushil, E.V. Parin. – М.; Л.: Mosehnergoizdat, 1959. - 480 s.

8. Moiseev N.N. *Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza* / N.N. Moiseev. - М.: Nauka, 1981.

9. Nejman P.R. *Teoreticheskie osnovy ehlektrotekhniki* / P.R. Nejman, K.S. Demirchak. – М.; Л.: ENnergiya, 1967. – Т. 2. – Ч. 4. - 410 s.

10. Pitolin V.M. *Avtomatizaciya proektirovaniya vozdushnyh linij ehlektroperedach s uchetom ehlektromagnitnoj bezopasnosti* / V.M. Pitolin, M.N. Fyodorov - Voronezh: Izd-vo VGTU, 2015. - 170 s.

11. Fusko V. *SVCH cepi. Analiz i avtomaticheskoe proektirovanie* / V. Fusko. - М.: R. i S., 1990. - 288 s.

12. *EHlektrotermicheskoe oborudovanie: Spravochnik* / Pod obshch. red. A. P. Al'trauzena. - М.: ENnergiya, 1980.

13. Jones, P.L., Rowley A.T. *Dielectric Drying.* / P.L. Jones, A.T. Rowley // *Drying Technology*, 1996. 14(5). P. 1063 – 1098.

## MATHEMATICAL MODEL OF SPATIAL DISTRIBUTION OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD WITH HIGH-FREQUENCY HEATED OF DIELECTRIC MATERIALS

The paper considers the calculation of the strength of the electrical component of the external field created by the working plates of the capacitor in a given volume of space. The effect of complex dielectric permittivity on the structure and dimensions of the sanitary protection zone is presented. The graph of the distribution of the field strength in the form of a map of a line of the same level with an increase in the effective height of the heated material is 2.5 times. The dependence of the distribution of the field strength in the form of a map of a line of the same level is shown with an increase in the effective height of the heated material by a factor of 6. A graph of the distribution of the field strength in the form of a map of a line of the same level as  $\operatorname{tg} \delta$  increases.

**Keywords:** High-frequency heating, capacitor, capacitive heating, electromagnetic field, sanitary protection zone.

**Бобров Александр Иванович,**

к.т.н., доцент,

заместитель начальника кафедры защиты населения и территорий,

Воронежский институт ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

**Bobrov A.I.,**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Deputy Head of the Department of Protection of the Population and Territories,

Voronezh Institute of the State Fireservice of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

**Федоров Дмитрий Михайлович,**

к.т.н.,

старший преподаватель кафедры защиты населения и территорий,

Воронежский институт ГПС МЧС России,

Россия, г. Воронеж,

e-mail: FDM@myrambler.ru,

**Fedorov D.M.,**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Lecturer the Dept. of Protection of the Population and Territories,

Voronezh Institute of the State Fireservice of EMERCOM of Russia,

Russia, Voronezh.

**Федоров Михаил Николаевич,**

доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, к.т.н.,

доцент кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности»,

Воронежский государственный педагогический университет,

Россия, г. Воронеж,

e-mail: FMN@myrambler.ru,

**Fedorov M.N.**

Associate Professor of the Dept. of Life Safety, Candidate of Engineering Sciences,

Docent of the Dept. of Industrial ecology and life safety,

Voronezh State Pedagogical University,

Russia, Voronezh.



## МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.056

### ПАРАДИГМА ИССЛЕДОВАНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА ЭВЕНТОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ: КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ

*Е.А. Жидко, П.М. Леонов*

*В интересах устранения негативных последствий отсутствия у ряда отечественных компаний политики обеспечения их информационной безопасности в статье разрабатываются основные положения парадигмы информационной безопасности хозяйствующего субъекта эвентологическими методами, включая концепцию и принципы защиты охраняемых сведений о нем, методологию и методы их реализации в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века. Приводятся рекомендации по её реализации в интересах обеспечения безопасного и устойчивого (антикризисного) развития хозяйствующего субъекта в меняющихся условиях XXI века.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, концепция, принципы, методология, научно-методическое обеспечение.

Системное математическое моделирование информационной безопасности (ИБ) хозяйствующего (субъекта (ХС), его системы информационной безопасности (СИБ) предназначено для учёта влияния человеческого фактора на эффективность защиты информации о них (то есть защиты охраняемых сведений) от угроз нарушения ИБ с критическими и/или неприемлемыми последствиями для личности, общества, государства (ЛОГ) [1,2]. Системное моделирование базируется на использовании основных положений эвентологии (новый раздел теории вероятностей и информации), которые ориентированы на решение задач анализа ситуации и синтеза адекватной реакции на неё в условиях неопределённости, ограниченного ресурса и риска. Основным инструментарием эвентологии являются методы теории нечётких множеств и нечёткой логики, интеллектуальных систем, возможностей и риска (SWOT анализ), прогнозирования и принятия решений, оптимального управления [3-5].

Методология моделирования эвентологическими методами базируется на принятой общей парадигме, едином подходе и алгоритме,

формировании единой шкалы оценки защищённости ХС, его СИБ от угроз нарушения их ИБ [1,6,7].

Объектом исследований являются промахи и ошибки лиц, принимающих решения (ЛПР) об адекватности реакции на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ; предметом исследований - возможность управления адекватностью реакции на такие угрозы; целью исследований - создание научно-методического обеспечения (НМО), необходимого для оценки влияния человеческого фактора на эффективность защиты ХС, его СИБ от названных угроз; поиска и реализации путей предупреждения причин, порождающих рассматриваемые ошибки, ликвидации их негативных последствий.

Учитывая специфику эвентологических исследований ИБ ХС, его СИБ, приведём адекватные ей уточнения парадигмы таких исследований.

**Утверждение 1.** Промахи и ошибки ЛПР о реакции на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ порождаются целым рядом внешних и внутренних факторов, приведенных на схеме (рис.1) [1,2,8].

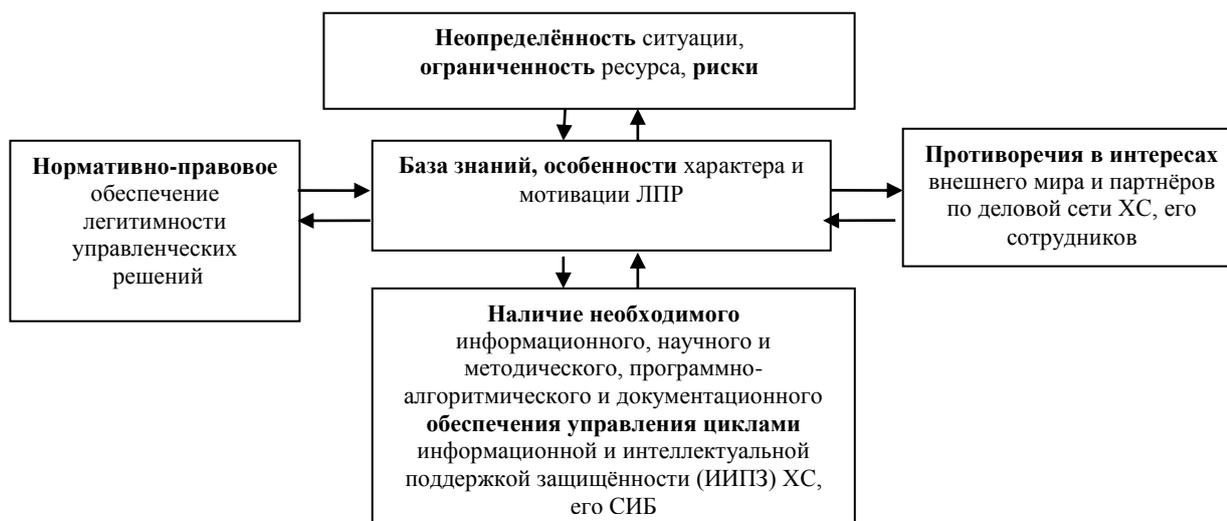
Главный принцип реализации данного утверждения базируется на [1]:

- разрешении противоречий в интересах договаривающихся сторон с позиций достижения их баланса;

- внедрении высоких интеллектуальных технологий для снижения неопределённости ситуации и риска, повышения достоверности комплексного прогнозирования возможных исходов дуэли интеллектов сторон А и В;
- ликвидации противоречивости и неразвитости правового регулирования общественных отношений в информационной сфере:
- разработке НМО управления циклами ИИПЗ ХС, его СИБ с требуемой эффективностью, в том числе на основе учёта влияния человеческого

фактора на исход дуэли сторон А и В;  
 - обосновании политики ИБ отечественных компаний, разработке системы её документационного обеспечения и адекватной им кадровой политики.

**Утверждение 2.** Эвентологические методы моделирования ИБ ХС его СИБ предназначены для предупреждения причин, порождающих промахи и ошибки ЛПР; ликвидации их негативных последствий; управления адекватностью реакции ЛПР на угрозы нарушения ИБ по ситуации и результатам в статике и динамике [1,3].



**Рис. 1.** Факторы, существенно влияющие на возможность появления ошибок ЛПР по разрешению проблемы обеспечения ИБ ХС, его СИБ

В качестве последствий рассматриваются угрозы утраты конкурентоспособности (КСП) отечественных компаний (ХС) и, следовательно, утраты их безопасного и устойчивого развития (БУР (КСП)). Главная причина тому – отсутствие у них, как правило, политики ИБ, необходимой для её реализации системы документационного обеспечения управления ИИПЗ ХС, его СИБ и адекватной им кадровой политики.

Главный принцип реализации данного утверждения – внесение необходимых уточнений в методологию и результаты моделирования ИБ ХС, его СИБ теоретическими методами, то есть в единый алгоритм, единую шкалу и форму нормирования защищённости ХС, его СИБ от угроз нарушения их ИБ в виде:

*«эталон (норма) ± допустимые, критические, неприемлемые ошибки»*, где критические и неприемлемые ошибки ЛПР устанавливаются по результатам исследований ИБ ХС, их СИБ эвентологическими методами.

**Утверждение 3.** Адекватность реакции ЛПР на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ существенно зависит от уровня их

осведомлённости о реально складывающейся и прогнозируемой обстановке во внешней и внутренней среде ХС его СИБ; интеллектуального потенциала этих лиц, их мотивации к адекватности реакции на угрозы нарушения ИБ по ситуации и результатам.

Существенное влияние на мотивацию оказывают:

- противоречие собственных интересов ЛПР (вызовов изнутри) интересам ЛОГ (вызовам извне);

- приемлемость последствий для ЛПР в такой ситуации в свою пользу при условии нарушения ими норм морали и права, действующих в информационной сфере.

Принцип обеспечения данного утверждения базируется на: устранении противоречивости и неразвитости правового регулирования общественных отношений в информационной сфере; формировании кадровой политики ХС, его СИБ, адекватной требованиям эффективного управления циклами ИИПЗ в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке.

**Утверждение 4.** Мотивацию целесообразно ассоциировать с возможными результатами оценки ЛПР приемлемости для них последствий от нарушения ими адекватности реакции на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ.

Принцип обеспечения данного утверждения базируется на оценке возможных результатов разрешения ЛПР противоречий между их собственными интересами (вызовы изнутри), общественными, государственными и другими внешними по отношению к ним интересами (вызовы извне).

**Утверждение 5.** Эвентологическое системное моделирование ИБ ХС, его СИБ базируется на:

- введении лингвистической переменной вида «имя реакции ЛПР» на угрозы нарушения ИБ ХС;

- внедрении логико-вероятностно-информационного подхода к оценке влияния человеческого фактора на возможные исходы дуэли (то есть влияния совершаемых ЛПР промахов и ошибок в процессе анализа ситуации и синтеза реакции на неё) [1,2,9];

- ветвлении интегральной цели исследований на моделях дуэли интеллектов сторон А и В на частные цели, которые устанавливают адекватность реакции ЛПР на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ.

**Принцип 1.** Интегральная и частные цели ассоциируются с требованиями к осведомлённости ЛПР, их интеллектуальному потенциалу и мотивации, необходимых и достаточных для адекватной реакции на угрозы нарушения ИБ ХС, его СИБ.

**Принцип 2.** Градации осведомленности ЛПР по И. Ансоффу ассоциируются с мерой информации о возможных изменениях в состоянии внешней среды и адекватных им необходимых изменениях внутренней среды ХС, его СИБ, сущность которых адекватна осведомлённости ЛПР.

**Принцип 3.** Градации интеллектуального потенциала ЛПР разрабатываются с позиций теории интеллектуальных систем, согласно которым они должны:

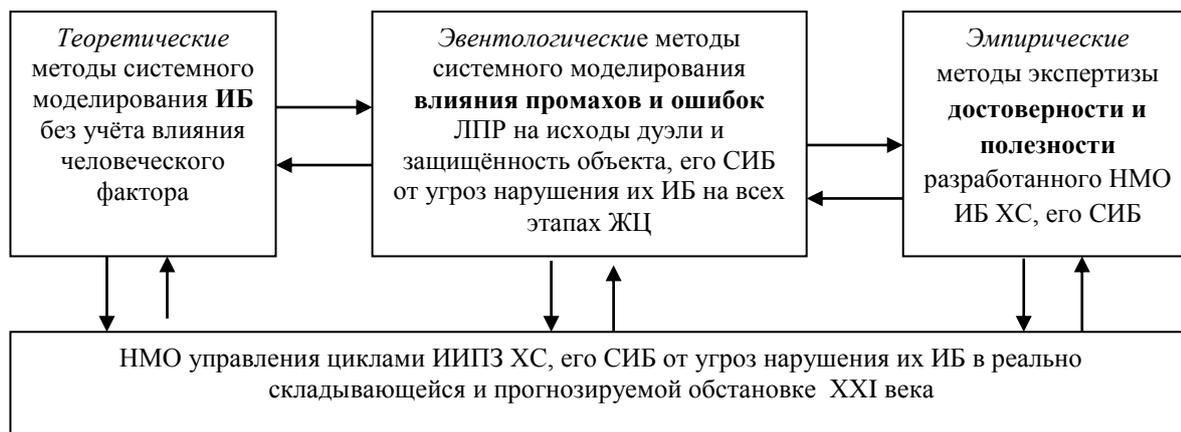
- воспринимать (отслеживать) события, происходящие во внешней и внутренней среде ХС, его СИБ;

- понимать их сущность, то есть вызывающие их причинно-следственные связи, движущие силы, цели, законы и закономерности условно взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС, его СИБ с учётом влияния на них возможных исходов дуэли интеллектов сторон А и В;

- уметь мыслить, то есть решать задачи: анализа степени опасности угроз нарушения ИБ ХС, его СИБ, приемлемости их последствий; синтеза адекватной реакции на них на основе предупреждения причин, порождающих угрозы, ликвидации их негативных последствий. Такие умения должны охватывать все этапы жизненного цикла (ЖЦ) ХС, его СИБ их продукта, в том числе в информационной сфере.

**Принцип 4.** Градации мотивации ЛПР по реакции на угрозы нарушения ИБ рассматриваются как результат: возможных добросовестных заблуждений (например, из-за недостаточной осведомлённости и/или интеллектуального потенциала, неадекватной мотивации); выжидательной позиции, которая, как правило, сопровождается отсутствием реакции на угрозы до прояснения ситуации и оценки наиболее вероятных результатов исхода дуэли; злонамеренных действий. Адекватно имени причин, которые нарушают адекватность реакции ЛПР на угрозы нарушения ИБ, предпринимаются меры по их предупреждению и ликвидации негативных последствий в рамках действующей и/или вновь разрабатываемой кадровой политики ХС, его СИБ. При этом учитываются природа и масштабы ХС, его СИБ; сложность их внешних и внутренних связей; детерминированность и цикличность процессов условно взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ХС, его СИБ.

Методология эвентологического моделирования ИБ, которая отвечает сформулированным выше утверждениям и принципам, разрабатывается с учётом роли и места эвентологических методов моделирования ИБ в принятой структуре разрабатываемых теоретических основ, согласно рис. 2.



**Рис.2.** Роль и место эвентологических методов моделирования влияния человеческого фактора на защищенность ХС, его СИБ от угроз нарушения их ИБ на всех этапах ЖЦ

Это значит, что в теоретические методы логико-вероятностно-информационного моделирования ИБ необходимо внести аргумент «вероятность ошибки ЛПР по реакции на угрозы» и предусмотреть экспертизу результатов учёта такой вероятности эмпирическими методами с точки зрения их достоверности и полезности для принятия решений об адекватности реакции ЛПР на угрозы нарушения ИБ по ситуации и результатам в статике и динамике [1].

С учётом сказанного в методологии должна найти отражение следующая последовательность операций:

- распознавание ситуации с учётом влияния человеческого фактора на исход дуэли интеллектов сторон А и В; оценка приемлемости возможных исходов;

- задание требований к насыщенности полезной информации (целостности охраняемых сведений) в составе её входных и выходных потоков на фоне хищений, разрушения и модификации полезной информации; формулировка задания на прогноз: недостающей

информации; повышение точности, достоверности и полезности малодостоверных и неточных сведений;

- синтез методов и СИБ, которые близки к оптимальным, адаптивны к изменениям ситуации и результатов в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке с учётом влияния человеческого фактора.

В интересах реализации такой методологии необходимо разработать единую шкалу оценки влияния человеческого фактора на возможный исход дуэли интеллектов.

НМО системного моделирования ИБ эвентологическими методами базируется на введении лингвистической переменной «имя ошибки ЛПР на угрозы», разработанной по формуле Бэкуса-Наура [9]. В общем виде в эвентологии различают ошибки вида: упущенная выгода, причинённый ущерб, неопределённость ситуации и/или результатов. Следуя правилам распознавания ситуации по Харкевичу А.А. (рис. 3), приходим к схеме распознавания последствий названных ошибок, которая показана на рис. 4.

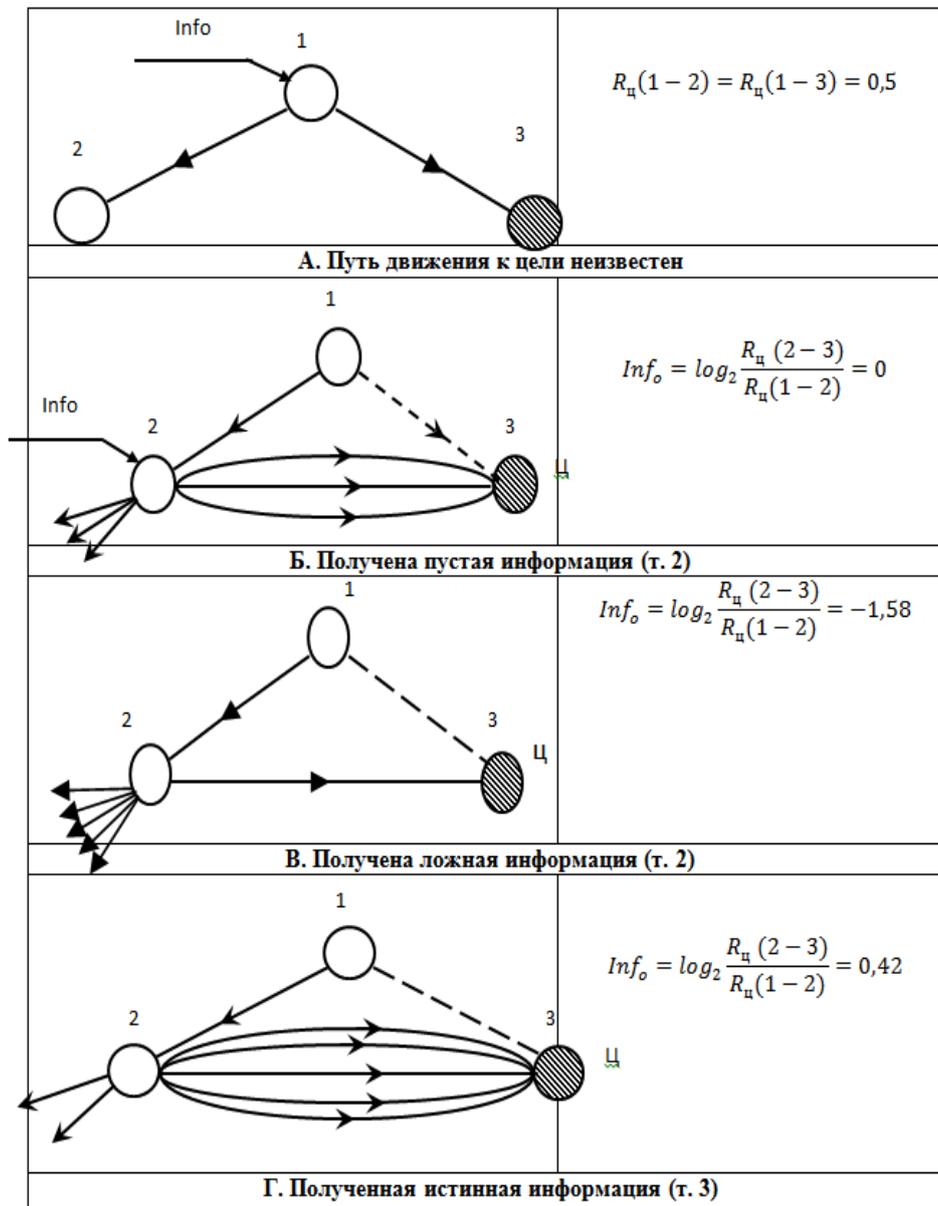


Рис. 3. Типовые пути движения к цели по А.А. Харкевичу

Возможные типовые ситуации	Виды нарушений ИБ ХС, его СИБ			Вероятность достижения цели
	Хищения	Разрушения	Модификация	
Путь движения к цели не известен	Неопределённость ситуации	←	←	$P_{ц} = 0$
Получена пустая информация	→	$P_{ц} = 0$ т.к. полезность инф. - ноль	←	$M(\ln f) = 0$
Получена ложная информация	→	→	Ошибки различного вида	$M(\ln f) = -1,58$
Получена истинная информация	→	→	→	$P_{ц}(M(\ln f))$ - функция объёма полезной информации (например, по Ансоффу И.

Рис.4. Схема правил распознавания ситуации

**Библиография**

1. Жидко Е.А. Логико-вероятностно-информационный подход к моделированию информационной безопасности объектов защиты: монография / Е.А. Жидко. - Воронеж, 2016. - 123 с.
2. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Человеческий фактор как аргумент информационной безопасности компании / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Информационная безопасность. - 2012. - Т. 15. - № 2. - С. 265 - 268.
3. Воробьев О.Ю. Эвентология / О.Ю. Воробьев. - Красноярск, 2007. - 434 с.
4. Яндекс: теории: интеллектуальных систем, нечётких множеств, нечёткой логики, возможностей, риска, принятия решений; оптимальное управление.
5. Саркисян С.А., Лисичкин В.А., Минаев Э.С. и др. Теория прогнозирования и принятия решений / С.А. Саркисян, В.А. Лисичкин, Э.С. Минаев. - М.: Высшая школа, 1977.
6. Жидко Е.А. Методология формирования единого алгоритма исследований информационной безопасности. / Е.А. Жидко // Вестник Воронежского института МВД России. - 2015. - № 1. - С. 62 - 69.
7. Жидко Е.А., Пикалов В.В., Ясакова В.С. Логико-вероятностно-информационный подход к исследованию информационной безопасности хозяйствующих субъектов / Е.А. Жидко, В.В. Пикалов, В.С. Ясакова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. - №2.(23). - С.34 - 39.
8. 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.
9. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Системное математическое моделирование устойчивого (антикризисного) развития хозяйствующих субъектов по формуле Бэкуса-Наура / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2016. - №1.(18). - С.27 - 31.
10. Валдайцев С.В. Антикризисное управление на основе инноваций: учебное пособие / С.В. Валдайцев. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. - 232 с.
11. 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.

**References**

1. ZHidko E.A. Logiko-veroyatnostno-informacionnyj podhod k modelirovaniyu informacionnoj bezopasnosti ob"ektov zashchity: monografiya / E.A. ZHidko. Voronezh, 2016. 123 s.
2. ZHidko E.A., Popova L.G. Chelovecheskij faktor kak argument informacionnoj bezopasnosti kompanii / E.A. ZHidko, L.G. Popova // Informaciya i bezopasnost'. - 2012. - T. 15. - № 2. - S. 265 - 268.
3. Vorob'ev O.YU. EHventologiya / O.YU. Vorob'ev. - Krasnoyarsk, 2007. - 434 s.
4. YAndeks: teorii: intellektual'nyh sistem, nechyotkih mnozhestv, nechyotkoj logiki, vozmozhnostej, riska, prinyatiya reshenij; optimal'noe upravlenie.
5. Sarkisyan S.A., Lisichkin V.A., Minaev E.H.S. i dr. Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya reshenij / S.A. Sarkisyan, V.A. Lisichkin, E.H.S. Minaev. - M.: Vysshaya shkola, 1977.
6. ZHidko E.A. Metodologiya formirovaniya edinogo algoritma issledovaniy informacionnoj bezopasnosti. / E.A. ZHidko // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. - 2015. - № 1. - S. 62 - 69.
7. ZHidko E.A., Pikalov V.V., YAsakova V.S. Logiko-veroyatnostno-informacionnyj podhod k issledovaniyu informacionnoj bezopasnosti hozjajstvuyushchih sub"ektov / E.A. ZHidko, V.V. Pikalov, V.S. YAsakova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. - №2.(23). - S.34 - 39.
8. Sazonova, S.A. Metody obosnovaniya rezervov proektiruemyh gidravlicheskih sistem pri podklyuchenii ustrojstv pozharotusheniya / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2015. - № 4 (17). - S. 22-26.
9. ZHidko E.A., Popova L.G. Sistemnoe matematicheskoe modelirovanie ustojchivogo (antikrizisnogo) razvitiya hozjajstvuyushchih sub"ektov po formule Behkusa-Naura / E.A. ZHidko, L.G. Popova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2016. - №1.(18). - S.27 - 31.
10. Valdajcev S.V. Antikrizisnoe upravlenie na osnove innovacij: uchebnoe posobie / S.V. Valdajcev. - SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2001. - 232 s.
11. Sazonova S.A. Obespechenie bezopasnosti gidravlicheskih sistem pri realizacii zadach upravleniya funkcionirovaniem i razvitiem / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2016. - № 1 (18). - S. 22 - 26.

## THE PARADIGM OF RESEARCHES INFORMATION SECURITY OF THE ECONOMIC SUBJECT BY EVENTOLOGICAL METHODS: CONCEPT AND PRINCIPLE

*In the interests of eliminating the negative consequences of the lack of a policy for ensuring the information security of a number of domestic companies, the article develops the main provisions of the information security paradigm of the business entity by eventological methods, including the concept and principles of protection of the protected information about it, the methodology and methods of their implementation in the really developing and predicted situation of XXI Century. Recommendations are given for its implementation in the interests of ensuring the safe and sustainable (anti-crisis) development of the economic entity in the changing conditions of the 21st century.*

**Keywords:** *information security, concept, principles, methodology, scientific and methodological support*

**Жидко Елена Александровна,**

*к.т.н., доцент,*

*профессор кафедры «Пожарная и промышленная безопасность»,*

*Воронежский государственный технический университет,*

*e-mail: lenag66@mail.ru.*

*Россия, г. Воронеж,*

**Zhidko E.A.,**

*candidate of engineering science*

*Professor of the Department of fire and industrial security,*

*associate Professor, The Voronezh state architecturally-building university*

*Russia, Voronezh.*

**Леонов Павел Митрофанович,**

*заместитель начальника кафедры управления повседневной деятельностью подразделений, доцент,*

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.*

*Гагарина»,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: rodichi\_ru@mail.ru,*

**Leonov P.M.,**

*Deputy head of Department of management of the daily operations of the divisions colonel,*

*Military training and scientific center of the air force "Air force Academy named after*

*Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin,*

*Russia, Voronezh.*



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

УДК 351.791:502.6

### К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ ЗАТОРОВ НА РЕКАХ СЕВЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДУЛЬНОЙ ВЕРТОЛЕТНОЙ СИСТЕМЫ ВСМ - 1

**В.Б. Яковлев, В.С. Марков**

*Почти на всех северных реках РФ во время весеннего ледохода часто образуются ледяные заторы в русле реки и вызванные ими наводнения.*

*Для ликвидации ледяных заторов в настоящее время чаще всего применяется взрывной способ, авиационное бомбометание, минометно-артиллерийский обстрел, а также ледокольный метод.*

*Для обеспечения допустимого уровня безопасности населения, территорий объектов экономики следует развивать и совершенствовать методы и средства борьбы с ледовыми заторами. Наиболее прогрессивными в этой области являются конверсионные оборонные технологии.*

*Технический и экономический результат заключается в повышении эффективности разрушения ледяного затора в короткий срок, предотвращая большое наводнение.*

*Способ осуществляется следующим образом: летательный аппарат, например вертолет, снабженный геолокатором и авиационными торпедами, производит зондирование образовавшегося затора на обнаружение места образования «замка» затора, затем с участка чистой воды, ниже затора по течению реки, производят торпедную стрельбу с заданной глубиной хода торпеды.*

*Окончательным решением способа разрушения ледяных заторов является взрывание их торпедной стрельбой малогабаритными вертолетными торпедами с модернизированной для этих целей модульной системы ДВС – УЛЗ – М.*

**Ключевые слова:** затор, ликвидация заторов, взрывные работы, малогабаритная торпеда, модульная система ДВС – УЛЗ – М.

Почти на всех реках, текущих с юга на север азиатской территории РФ, во время весеннего ледохода часто образуются ледяные заторы в русле реки и вызванные ими наводнения.

В последние годы ледяные заторы, образующиеся в период вскрытия рек, особенно, в районах Крайнего Севера (Лена, Колыма, Индигирка, Яна и др.), вызывают наибольшие подъемы уровня воды и затопление местности. Затопление населенных пунктов наносит большой моральный и материальный ущерб населению, который не в полной мере компенсируется многомиллионными затратами со стороны государства. Такая картина повторяется ежегодно.

Причинами образования заторов являются геоморфологические, метеорологические, гидрологические и технологические условия протекания рек.

Основные причины затопления населенных пунктов: низкое расположение местности, несвоевременное обнаружение места образования затора и их неэффективное разрушение.

Для ликвидации ледяных заторов в настоящее время чаще всего применяется взрывной способ, авиационное бомбометание, минометно-артиллерийский обстрел, а также ледокольный метод.

При разрушении ледяных заторов на реке Лена используются следующие основные способы взрывных работ [1].

**1. Способ ликвидации ледовых заторов путем их бомбардировки с воздуха.**

Недостатками известного способа является то, что для разрушения «замка» затора требуется точное прицельное бомбометание и ликвидация уже образовавшегося и уплотнившегося затора льда

мало эффективно. Недостатком известного способа является низкая эффективность, т.к. для разрушения «замка» затора требуется точное прицельное бомбометание.

### **1. Укладка с вертолета на лед накладных зарядов.**

Недостатки способа: требуются десятки тонн зарядов, которые необходимо быстро доставить, установить и взорвать одновременно. Своевременность и оперативность производства взрывных работ определяется с одной стороны минимальным уровнем воды, гарантирующим нормальное затопление пойменных покосов и пастбищ, а с другой – критическим уровнем затопления домов и сооружений. Этот отрезок времени равен всего нескольким часам.

### **2. Установка на лед зарядов в металлических контейнерах.**

Недостатки способа: Преодоление (не пробивание) линии наименьшего сопротивления (ЛНС) в голове затора делает взрывные работы неэффективными, т.к. взрыв должен преодолеть ЛНС и сбросить или развалить откос льда, разорвав связи между льдинами. Одиночные же взрывы при малом заглублении проводят взрыв на выброс, т.е. делают лишь воронку на поверхности затора, а при достаточном углублении – лишь камуфлетный прострел внутри тела затора с последующим схлопыванием полученной полости. Такие «слабые» взрывы не только неэффективны, но и вредны, т.к. теряется время, за которое увеличивается масштаб заторов со всеми последующими негативными последствиями.

### **3. Опускание зарядов в контейнерах под лед.**

Недостатки способа: Применяемые в настоящее время технология и организация взрывных работ не в полной мере отвечают требованиям безопасности и надежности. Трехтонные контейнеры даже с пробитыми в стенках отверстиями плохо тонут в ледяной смеси или сносятся течением реки далеко от головы затора за несколько минут горения огнепроводного шнура.

Также известен способ разрушения ледяного затора, включающий размещение на летательном аппарате парашютных систем с боеприпасами, снабженные проникателями, их доставку и сброс в заданное место, и подрыв боеприпасов [2].

Недостатком этого способа является снижение эффективности разрушения ледяного затора вследствие подрыва боеприпаса на заглублении внедрения проникателя в ледяной покров.

Таким образом, вышеперечисленные способы взрывных работ не могут за короткий срок (в течение нескольких часов) ликвидировать ледяные заторы.

Для обеспечения допустимого уровня безопасности населения, территорий объектов экономики следует развивать и совершенствовать методы и средства борьбы с ледовыми заторами.

Наиболее прогрессивными в этой области являются конверсионные оборонные технологии.

Для оперативной борьбы с ледовыми заторами, представляющими серьезную угрозу, следует применять вертолетный взрывной способ, отличающийся значительно большей точностью раскладки зарядов, следовательно, большей эффективностью взрывных работ. Для такого способа применяется дистанционный метод ликвидации заторов с помощью модульной вертолетной системы ВСМ – 1. Проведенные испытания ДВС – УЛЗ – ФРЗ подтвердили работоспособность и достаточную эффективность дробления льда и разрушения заторов толщиной 1,2 м. [3].

ДВС – УЛЗ – ФРЗ дистанционная вертолетная система дробления льда и уничтожения ледовых заторов с использованием фюзеляжного раскладчика зарядов. Устройство предназначено для разрушения ледовых полей и заторов в местах скопления льдов, задерживающих прохождение воды во время половодья. Система включает в свой состав: штатный вертолёт МИ – 8мт (МИ – 8мтв); съёмное оборудование, состоящее из фюзеляжного зарядов и стеллажа для размещения зарядов; 8 взрывных зарядов; многоцелевые взрыватели замедленного действия (МВЗД) – 8 шт.; промежуточные детонирующие устройства (ПДУ) – 8 шт.; крепежные устройства ПДУ – 8 шт.; шашки тротиловые – 8 шт. Работа по сбросу зарядов осуществляется на боевом курсе [4].

Вертолётная модульная система ДВС – УЛЗ – М является наиболее эффективной и перспективной, так как включает в себя 4 штатных контейнера К – 29 Э, в которых по 29 кассет калибром 140 мм со взрывными модулями фугасного или кумулятивного действия. Контейнеры подвешиваются на балочных держателях наружных ферм вертолёта [5].

В борьбе с заторными явлениями авиация используется по трем направлениям: 1 – разведка ледовой обстановки; 2 – доставка оборудования и материалов для взрывных работ и взрывников; 3 – ликвидация заторов взрыванием.

В нашем случае наиболее подходящим является модульная система ДВС – УЛЗ – М, так как для проведения разведки зондированием затора на обнаружение места образования «замка» затора, рекомендуется использовать геолокатор, созданный в институте горного дела Севера СО РАН имени Н.В. Черского [6].

В целях предупредительных мер борьбы с затором (очищение от ледяного покрова значительных участков реки с целью создания условий беззаторного пропуска льда или подготовке каналов в ледовом поле затора для последующей торпедной стрельбы «головки» затора), необходимо производить подрыв льда на значительном протяжении реки. Осуществить это возможно боеприпасами модульной системы.

Нами предлагается новый способ разрушения ледяных заторов, сущность которого

заключается в создании динамической взрывной нагрузки непосредственно под «замком» затора, что наиболее эффективно для его разрушения и не требует специальных боеприпасов. Динамическая взрывная нагрузка под ледяным затором создается торпедной стрельбой [7].

Способ разрушения ледяных заторов путем создания области повышенного давления динамической взрывной нагрузкой под ледяным покровом, отличающейся тем, что область повышенного давления динамической взрывной нагрузкой создается торпедной стрельбой.

Технический и экономический результат, получаемый при осуществлении данного способа, заключается в повышении эффективности разрушения ледяного затора в короткий срок.

Способ осуществляется следующим образом: летательный аппарат, например, вертолет, снабженный геолокатором и авиационными торпедами, производит зондирование образовавшегося затора на обнаружение места образования «замка» затора, затем с участка чистой воды, ниже затора по течению реки, производят торпедную стрельбу с заданной глубиной хода торпеды [7].

Окончательным решением способа разрушения ледяных заторов является взрывание их торпедной стрельбой малогабаритными

вертолетными торпедами с модернизированной для этих целей модульной системы ДВС – УЛЗ – М.

Для борьбы с ледовыми заторами рекомендуется универсальная самонаводящаяся малогабаритная торпеда УМГТ – 1М/МЭ, созданная в ЦНИИ «Гидроприбор». Эта торпеда предназначена для поражения лодок в надводном и подводном положениях. Носители торпеды – самолеты и вертолеты с внутренней подвеской. Торпеда может запускаться при разных скоростях и высотах полета. Электрическая энергосиловая установка обеспечивает движению торпеды постоянство скорости и дальность хода независимо от глубины хода.

Для разрушения ледяных заторов торпедной стрельбой следует привлечь опытных специалистов Росгидромета, Минприроды, МЧС России и других ведомств, разработать задание на конструирование и изготовление специальных малогабаритных противозаторных торпед в ОКБ завода «Дагдизель» по требованиям заказчика.

Таким образом, оперативным и безопасным способом разрушения ледяных заторов является предварительное зондирование участков затора геолокатором, взрывание их торпедной стрельбой малогабаритными вертолетными торпедами с модернизированной для этих целей модульной системой ДВС – УЛЗ – М.

#### Библиография

1. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда ВСН – 028 – 70. - Минэнерго СССР: «Энергия». - 1970. - 151 с.
2. Патент РФ № 2246693, МПК R42Э7/00, E02B15/02, опубл. 20.02.05 г.
3. Главное управление Министерства РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий по Челябинской области. Управление гражданской защиты. Организация работ по безопасному пропуску весеннего половодья. Челябинск, 2013.
4. Министерство РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий. Гражданская защита. Энциклопедический словарь. - Под общей редакцией В.А. Пучкова. – Москва, 2015.
5. Нигметов Г.М., Пчелкин В.И., Филатов Ю.А. Ледовые заторы на реках РФ, пути и способы борьбы с ними / Г.М. Нигметов, В.И. Пчелкин, Ю.А. Филатов // Технологии гражданской безопасности. - Вып. 1-2. - 2003.
6. Омеляненко А.В., Федорова Л.Л. Радиолокационное зондирование заторного льда северных рек с вертолета на примере р. Лена / А.В. Омеляненко, Л.Л. Федорова // Сборник статей VI Всероссийского гидрогеологического съезда. - СПб., 2004. - С. 72 - 73.
7. Патент РФ № 2560070. Способ разрушения ледяных заторов / Яковлев В.Б., Марков В.С. Опубл. 20. 08. 2015 г., бюлл. № 23.

#### References

1. Metodicheskie ukazaniya po bor'be s zatorami i zazhorami l'da VSN – 028 – 70. - Minehnergo SSSR: «Ehnergiya». - 1970. - 151 s.
2. Patent RF № 2246693, MPK R42EH7/00, E02V15/02, opubl. 20.02.05 g.
3. Glavnoe upravlenie Ministerstva RF po delam GO, CHS i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij po CHelyabinskoy oblasti. Upravlenie grazhdanskoj zashchity. Organizaciya rabot po bezopasnomu propusku vesennego polovod'ya. CHelyabinsk, 2013.
4. Ministerstvo RF po delam GO, CHS i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij. Grazhdanskaya zashchita. EHnciklopedicheskij slovar'. - Pod obshchej redakciej V.A. Puchkova. – Moskva, 2015.
5. Nigmatov G.M., Pchelkin V.I., Filatov YU.A. Ledovye zatory na reках RF, puti i sposoby bor'by s nimi / G.M. Nigmatov, V.I. Pchelkin, YU.A. Filatov // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. - Vyp. 1-2. - 2003.
6. Omel'yanenko A.V., Fedorova L.L. Radiolokacionnoe zondirovanie zatornogo l'da severnyh rek s vertoleta na primere r. Lena / A.V. Omel'yanenko, L.L. Fedorova // Sbornik statej VI Vserossijskogo gidrogeologicheskogo s"ezda. - SPb., 2004. - S. 72 - 73.
7. Patent RF № 2560070. Sposob razrusheniya ledyanyh zatorov / YAkovlev V.B., Markov V.S. Opubl. 20. 08. 2015 g., byull. № 23.

## **TO THE ISSUE OF DESTRUCTION OF ICE COSTS ON THE RIVERS OF THE NORTH WITH THE APPLICATION OF THE MODULAR HELICOPTER SYSTEM VSM-1**

*Almost all northern rivers of Russia during the spring ice drift often form ice jams in the riverbed and the floods caused by them.*

*To eliminate ice congestion, explosive methods, aerial bombing, mortar-artillery shelling, and icebreaker method are most often used today.*

*To ensure an acceptable level of security for the population, territories of economic facilities, methods and means to combat ice congestion should be developed and improved. The most progressive in this area are conversion defense technologies.*

*The technical and economic result is to increase the efficiency of ice blockage destruction, in a short time, preventing large floods.*

*The method is carried out as follows. The aircraft, for example, a helicopter equipped with a geolocation and air torpedoes, probes the resulting mash to detect the location of the "lock" of the mash, then from the clean water section, below the mash along the river, produce torpedo fire at a given depth of the torpedo.*

*The final solution to the method of destruction of ice congestion is the detonation of torpedo firing by small-sized helicopter torpedoes with the modular engine system ULZ-M, modernized for these purposes.*

**Keywords:** *congestion, elimination of congestion, blasting operations, small-size torpedo, modular engine system - ULZ - M.*

**Яковлев Валерий Борисович,**

*зав. лабораторией, кафедра «Промышленная безопасность»,*

*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, горный институт, Россия, г. Якутск,*

*Тел.: 89241681191.*

**Yakovlev V.B.,**

*Head of Laboratory, Department of Industrial Safety,*

*North-Eastern Federal University, Mining Institute,*

*Russia, Yakutsk*

**Марков Валерий Степанович,**

*к.т.н.,*

*доцент кафедры «Подземная разработка МПИ»,*

*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, горный институт,*

*Россия, г. Якутск,*

*e-mail: [marko-valeri@mail.ru](mailto:marko-valeri@mail.ru)*

**Markov V.S.,**

*Candidate of Technical Sciences,*

*Associate Professor of Department «Underground mining of mineral deposits»,*

*North-Eastern Federal University, Mining Institute,*

*Russia, Yakutsk*



## ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 543.26

### ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕСТИРОВАНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДИК КОНТРОЛЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Е.Н. Грошев, А.В. Калач, О.Б. Рудаков*

*В статье рассмотрена информационно-аналитическая модель тестирования растворителей для методик аналитического контроля экотоксикантов фенольного типа, содержащихся в свободном виде в полимерсодержащих строительных материалах и изделиях. В основу информационно-аналитической модели положено применение обобщенных критериев, которые находятся для конкретных аналитических задач с учетом коэффициентов веса частных критериев. Модель позволяет выбирать частные критерии и фильтровать оптимизируемые параметры с учетом граничных условий. В работе проведена рейтинговая оценка применимости растворителей для экстракционно-хроматографического определения фенольных соединений с помощью микроколоночной обращенно-фазовой высокоэффективной хроматографии с УФ-детектированием. Показано, что по сумме 8 параметров (температуры кипения, вспышки и самовоспламенения, ПДК, вязкость, порог прозрачности в УФ области, гидрофобно-гидрофильный баланс и стоимость) максимальный рейтинг в применении в качестве компонентов жидкостных экстракционных систем и модификаторов подвижных фаз имеют такие индивидуальные растворители как этанол, изопропанол, ацетонитрил, метанол и ТГФ. При оценке свойств бинарных растворителей максимальные значения обобщенного критерия характерны для смесей вода – изопропанол и вода – ацетонитрил.*

**Ключевые слова:** *информационно-аналитическая модель, аналитический контроль, экотоксиканты, органические растворители, жидкостно-жидкостная экстракция, высокоэффективная жидкостная хроматография, строительные материалы.*

В XXI веке в строительных материалах и изделиях практически повсеместно стали использовать полимеры и органические вещества. Кроме революционного улучшения технических свойств материалов это привело к резкому увеличению как ассортимента, так и содержания органических экотоксикантов в среде обитания человека. Строительные материалы и изделия являются источниками эмиссии более чем 500 различных экотоксикантов, которые выделяются в воздух помещений, вымываются при влажной обработке. В России наиболее распространенными экотоксикантами являются фенолы, формальдегид и стирол. Актуальность задачи контроля

безопасности и качества строительных материалов в последнее время только возрастает [1].

Как известно, абсолютное количество методик химического анализа сопровождается переводом аналита в раствор с последующим определением растворенных веществ химическими или инструментальными методами. В работах Рудакова О.Б. и др. [2-4] рассмотрены подходы к суммарной оценке физико-химических и технических свойств индивидуальных и смешанных сольвентов, основанные на интегральных показателях - обобщенных критериях и обобщенных целевых функциях. Эти подходы, заимствованные из системного анализа, позволяют подобрать оптимальные условия для

пробоподготовки и выполнения методик измерения аналитического сигнала. В этих исследованиях проанализировано, как влияет на аналитические и технико-эксплуатационные характеристики методов химического анализа такие свойства растворителей, как плотность, вязкость, поверхностное натяжение, проницаемость, прозрачность растворителей в УФ и видимой области спектра, показатель преломления, коэффициенты распределения аналитов в системах вода – экстрагент, пожаровзрывобезопасность и токсичность растворителей, стоимость сольвентов.

Для совершенствования экстракционно-хроматографических методов неразрушающего контроля экотоксикантов в строительных материалах и изделиях, а именно, для тандемных вариантов жидкостно-жидкостной экстракции (ЖЖЭ) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), большое значение имеет применение бюджетных и максимально простых в аппаратном и процедурном исполнении методик пробоподготовки – концентрирования и перевода аналитов в раствор. Для рутинного массового мониторинга обретает большое значение невысокая стоимость и экспрессность единичного анализа, возможность выполнить его в полевых условиях или в условиях малобюджетной цеховой лаборатории. В этом плане важна невысокая стоимость и низкий расход используемых растворителей, легкость их регенерации для применения в рецикле, желательна низкая токсичность и пожаровзрывобезопасность сольвентов, хорошая растворимость в них определяемых экотоксикантов, высокая экстракционная способность. База знаний, на основании которой можно искать оптимальные для той или иной аналитической задачи решения с применением сольвентов содержит более 30 параметров и факторов [4]. Для оптимизации экстракционно-хроматографических методов, по нашему мнению, достаточно 8-10 показателей.

Их можно разбить условно на 3 группы. Это показатели: 1) характеризующие растворитель, как среду в ЖЖЭ; 2) характеризующие его хроматографические свойства, как компонент подвижной фазы, как среду, не мешающую выбранному способу детектирования; 3) характеризующие технико-эксплуатационные свойства: стоимость, пожарную и экологическую безопасность, совместимость с аппаратурой.

Сформулируем в самом общем виде правила подбора растворителей для экстракционно-хроматографических методов. Например, для гибридных методов, сочетающих ЖЖЭ и ВЭЖХ температура кипения растворителя ( $t_{кип}$ ) должна быть умеренно высокая (70-100 °C), так как объем и состав смешанного сольвента от испарения низкокипящего компонента может меняться, изменяя условия ЖЖЭ, ВЭЖХ; концентрацию образующихся токсичных и пожаровзрывоопасных паров желательно минимизировать, для этого надо учитывать не только  $t_{кип}$ , но и давление

насыщенного пара ( $P_{нап}$ ), оно должно быть низкое. Коэффициенты проницаемости и динамической вязкости ( $\psi$  и  $\eta$ ) для обеспечения эффективной диффузии и массообмена в ВЭЖХ также должны минимизироваться. Низкий порог прозрачности в УФ области важен для повышения чувствительности детектирования оптическими детекторами (УФД, СФД) в ВЭЖХ. Растворитель должен быть химически инертен для аналитов и аппаратуры, иметь достаточный уровень химической чистоты, так как примеси понижают воспроизводимость параметров удерживания в ВЭЖХ и чувствительность детекторов. Для снижения расходов на выполнение химического анализа предпочтительна невысокая стоимость сольвента. Для обеспечения хорошей растворимости аналитов в экстрагенте и элюенте, для облегчения расслоения на 2 фазы в ЖЖЭ важен гидрофобно-гидрофильный баланс ( $R_L$ ) системы [4]. Умеренно высокая липофильность обеспечивает высокое значение коэффициента распределения ( $D$ ) аналита между водной и органической фазой, способствует расслоению на две фазы при ЖЖЭ. Низкое значение поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) полезно для обеспечения эффективной ЖЖЭ из водных растворов и обеспечения эффективной диффузии и массообмена. Температура вспышки ( $t_{всп}$ ) и самовоспламенения ( $t_{свп}$ ) характеризуют пожаровзрывобезопасность, чем они выше, тем приемлемее для метода. Для обеспечения не слишком быстрого элюирования или слишком сильного удерживания аналитов на неподвижной фазе в условиях ВЭЖХ важен оптимальный диапазон элюирующей способности растворителя, который, как и экстракционную способность, можно контролировать по величине  $R_L$ .

Целью настоящей работы стало изучение возможности применения информационно-аналитической модели, основанной на приведенных выше правилах и дискретных обобщенных критериях выбора оптимальных растворителей для ЖЖЭ и ВЭЖХ фенольных экотоксикантов, как наиболее распространенных веществ, находящихся в свободном состоянии в строительных материалах.

Обобщенные критерии выбрали вместо применения обобщенных целевых функций в связи с тем, что последние требуют наличия значительно большей экспериментальной базы данных по эмпирическим или теоретическим зависимостям физических или технических характеристик смешанных растворителей в широком диапазоне составов экстрагентов и элюентов. Создание таких баз данных для целей оптимизации составов элюентов и условий для ВЭЖХ идет уже более 25 лет [4]. Вместе с тем до сих пор для ряда физико-химических свойств зависимости от состава еще не изучены, но известно, что зачастую они имеют нелинейный характер. Есть данные для многих, но далеко не всех, бинарных растворителей, пригодных для ЖЖЭ и ВЭЖХ. Для тройных

смесей, часто применяемых в экстракционных, сорбционных и хроматографических процессах, ни эмпирических, ни теоретических аналитических зависимостей, позволяющих адекватно описать частные целевые функции, не найдено, либо они найдены для ограниченного круга показателей.

Авторы дополнили новыми показателями и уточнили имеющуюся базу данных по физико-химическим и техническим свойствам 100 индивидуальных и 100 бинарных растворителей, разместив ее в типовой электронной таблице MS Excel в виде пополняемой рабочей книги. Обобщенные критерии искали для гидрофильных

растворителей, применяемых в ЖЖЭ совместно с высаливателями [5], а также в низкотемпературной ЖЖЭ [6,7] и концентрационном вымораживании [7] в целях пробоподготовки и хроматографирования в условиях микроколоночной обращенно-фазовой высокоэффективной хроматографии (ОФ ВЭЖХ), которая является наиболее бюджетным вариантом этого инструментального метода, благодаря низкому расходу элюентов, сравнительно недорогим колонками и оснащением в целом.

Обобщенные критерии находили по формуле:

$$K_s = \sum_{i=1}^m a_i (x_i^s / x_i^n) \quad (1)$$

где  $K_s$  – обобщенный критерий для варианта  $s$ ,  $a_i$  – коэффициент веса  $i$ -го параметра,  $x_i^s$  – величина  $i$ -го параметра для варианта  $s$ ,  $x_i^n$  – нормирующее значение для  $i$ -го параметра,  $m$  – общее число параметров.

В предлагаемом варианте мультипараметрической оптимизации часть критериев максимизируется, а часть, – минимизируется. Для максимизируемых критериев в уравнении (1) ставится знак «+», а перед критериями, которые минимизируются – знак «-». Чем более положительное значение принимает рассчитанный критерий  $K_s$ , тем более подходящим является рассматриваемый растворитель по сумме частных критериев. Для отсеечения заведомо неприемлемых для ЖЖЭ или ВЭЖХ параметров в созданной базе данных выполняли выборку растворителей по граничным условиям с помощью автофильтра. Часть критериев не имеет численного выражения, отсеивать непригодные растворители для ЖЖЭ и ВЭЖХ можно по граничному условию «да/нет», другие параметры могут быть отфильтрованы по их значениям опциями «больше или равно», «меньше или равно» и др.

Граничные условия в рассматриваемой информационно-аналитической модели играют важную роль. Их установление и определение

$$\sum_{k=1}^k \alpha_{ik} = 1; i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где  $n=7$ . В табл. 1 приведен пример оценки  $\alpha_{ik}$  и граничных условий, назначенных экспертами. Из табл. 1 видно, что для экстракционно-хроматографического определения фенольных экотоксикантов методом микроколоночной обращенно-фазовой ВЭЖХ с УФД эксперты отдали предпочтение порогу прозрачности в УФ-спектре, а также вязкости, так как насосы для микроколоночных систем ВЭЖХ имеют ограничения по величине рабочего давления, в меньшей степени отведено стоимости растворителей и показателям экологической и

величины коэффициентов веса  $a_i$  для оптимизируемых частных критериев доверено 7 подготовленным экспертам, так как именно такое количество экспертов принято нормативами для экспертизы качества и безопасности строительных материалов. Согласованность экспертной оценки проверяли по коэффициентам вариабельности и конкордации [4].

Для отличающихся аналитических задач одни частные критерии становятся более важными, другие – менее, некоторыми критериями можно пренебречь. Например, прозрачность растворителя в УФ-спектре имеет важное значение для ВЭЖХ с УФД, но не имеет значения для рефрактометрического или электрохимического детектирования, а в ЖЖЭ она важна только в том случае, если ЖЖЭ используется в пробоподготовке для ВЭЖХ с УФД. При назначении коэффициентов веса  $\alpha_{ik}$  были апробированы три метода: метод парных сравнений, метод балльной оценки и метод прямого назначения. Последний метод позволяет более тонко регулировать величину  $\alpha_{ik}$ . Суть метода заключается в том, чтобы сумма всех коэффициентов веса, назначенных  $i$ -м экспертом для всех частных критериев, была равна 1:

пожарной безопасности. Это связано с ограниченным числом органических растворителей, совместимых с водой как разбавителем элюента в этом варианте ВЭЖХ.

В табл. 2 даны результаты поиска оптимального решения – 10 индивидуальных растворителей с максимальными значениями обобщенного критерия  $K_s$  по выбранным частным критериям с учетом результатов автофильтра по граничным условиям.

Для варианта микроколоночной ОФ ВЭЖХ фенолов максимальный рейтинг из 100

индивидуальных растворителей, заложенных в базу данных, имеют этанол, изопропанол, ацетонитрил, метанол, ТГФ, диоксан.

Именно эти растворители наиболее часто применяют в качестве модифицирующих компонентов подвижных фаз (ПФ) для ОФ ВЭЖХ. Ну и конечно, идеальной, по многим позициям, кроме элюирующей силы, является вода.

Появились разработки «зеленых» хроматографических методов, в которых используют горячую воду под высоким давлением

в качестве ПФ [9]. В «зеленой» хроматографии находит свое место и этанол, хотя этанол обычно игнорируют из-за «человеческого фактора», ТГФ и диоксан легко образуют пожаровзрывоопасные пероксиды при контакте с воздухом, изопропанол стал более привлекателен с появлением насосов высокого давления, но эти насосы имеют высокую стоимость, метанол, не отличимый по ряду позиций от этанола, но являющийся сильным ядом, требующий соблюдения строгой отчетности, менее востребован, чем ацетонитрил.

Таблица 1

**Базовая таблица для расчета коэффициента  $a_i$  прямым назначением экспертами в оценке количественных показателей растворителей для экстракционно-хроматографического анализа методом микроколоночной ВЭЖХ с УФД**

Эксперт	Параметры								Сумма $\sum N_i$
	Порог в УФ	$t_{кип}$	$t_{всп}$	$t_{свп}$	цена	ПДК	$\eta$	$R_L$	
1	0.15	0.10	0.10	0.05	0.20	0.1	0.05	0.25	1
2	0.22	0.12	0.05	0.05	0.15	0.2	0.10	0.11	1
3	0.25	0.10	0.10	0.05	0.20	0.10	0.05	0.15	1
4	0.20	0.1	0.11	0.01	0.20	0.10	0.03	0.25	1
5	0.20	0.10	0.11	0.04	0.20	0.1	0.05	0.20	1
6	0.20	0.12	0.10	0.10	0.18	0.1	0.05	0.15	1
7	0.19	0.12	0.10	0.10	0.18	0.1	0.05	0.16	1
$\bar{a}_i$	0.200	0.100	0.080	0.080	0.100	0.120	0.201	0.119	1
Частный критерий					Граничные условия			Норма	
Порог прозрачности в УФ-области, нм					$\leq 234$			210	
Температура кипения, °С					$\geq 60$			80	
Температура вспышки, °С					$\geq -41$			20	
Температура самовоспламенения, °С					$> 200$			250	
Относительная стоимость					$< 2.5$			1*	
ПДК, мг/м <sup>3</sup>					$\geq 4$			100	
Вязкость, сПз					$< 400$			50	
Гидрофобно-гидрофильный баланс, $R_L$					$> 40$			50	

\*) за 1 принята стоимость 1 л метанола квалификации «для ВЭЖХ»

Таблица 2

**Перечень растворителей, наиболее пригодных для экстракционно-хроматографического метода определения аликилфенолов с применением обращено-фазовой ВЭЖХ**

Сольвент	$t_{кип}$	$\eta$	Порог в УФ	$R_L$	Цена	ПДК	$t_{всп}$	$t_{свп}$	$K_s$
Вода	100	0.894	190	0	0.89	3000*	500*	1000*	5.42
Этанол	78.3	1.078	205	56.03	1.18	1000	18	392	0.88
Изопропанол	82.4	2.073	205	63.28	1.14	980	11.7	400	0.47
Ацетонитрил	81.6	0.341	195	55.34	1.84	10	6	450	-0.09
Метанол	64.5	0.545	205	45.66	1	5	11	464	-0.12
ТГФ	66	0.46	212	79	2.37	100	-20	250	-0.23
CH <sub>3</sub> COOH	117.9	1.124	230	61.55	2.03	5	42	428	-0.27
1,4-Диоксан	101.3	1.194	225	78.29	2.16	10	5	300	-0.47
Пропанол-1	97.5	2.000	210	60.91	0.81	10	49	300	-0.51
Бутанол-1	117.7	2.593	215	63.71	1.35	10	29	363	-0.83

\*) условные значения, позволяющие проводить расчеты

Таблица 3

**Перечень водно-органических растворителей, наиболее пригодных для экстракционно-хроматографического метода определения аликилфенолов с применением ОФ ВЭЖХ**

Бинарный сольвент	Цена	ПДК	$t_{всп}$	$t_{свп}$	$P_{пар}$	$t_{кип}$	Порог в УФ	$D$	$K_s$
В:ИПС(0.3:0.7)	1.00	1000	18	475	20.8	87	205	790	5.6
В:ИПС(0.2:0.8)	1.03	1000	15	450	25.6	85.9	205	690	5.5
В:Ац (0.3:0.7)	1.53	50	35	530	65	95	195	1370	5.5
В:ИПС(0.4:0.6)	0.98	1000	20	460	20	88	205	590	5.4
В:ИПС (0.2:0.8)	1.04	1000	13.9	420	26	84	205	650	5.4
В:ИПС(0.17:0.87)	1.04	1000	12.5	410	28	83.5	205	630	5.4
В:Ац(0.16:0.84)	1.59	38	18	510	74	92	195	1340	5.4
В:Ац(0.1:0.9)	1.62	35	17	510	76	90	195	1300	5.0
В:Ац (0.06:0.94)	1.68	20	10	500	85	83	195	890	5.0
*В:ДО (0.36:0.64)	1.61	40	20	400	20	100	200	640	4.9
Граничные условия	<50	>5	>-20	>200	<100	>70	<235	>250	
Норма	1.0	300	25	440	45	100	210	500	
Направление оптимизации	min	max	max	max	min	max	min	max	
Коэффициент веса $\bar{a}_i$	0.2	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15	0.3	

\*) Ац – ацетонитрил, В – вода, ДО – диоксан, ИПС – изопропанол

Ацетонитрил включен в перечень контролируемых прекурсоров, однако отчетность по нему была упрощена в 2015 г. В новом списке прекурсоров, оборот которых в РФ ограничен и в отношении которых устанавливаются меры контроля в соответствии с законодательством РФ и международными договорами РФ (в ред. Постановления Правительства РФ от 02.07.2015 № 665) ацетонитрил переведен в список прекурсоров, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются не особые, а общие меры контроля. Этот растворитель, имея более высокую стоимость (квалификация «для ВЭЖХ»), более высокую токсичность, чем спирты, обладает вместе с тем целым рядом уникальных свойств как компонент составов для ЖЖЭ и ВЭЖХ [6], является, таким образом, наиболее предпочтительным с учетом выполненных

рейтинговых оценок и с учетом дополнительных обстоятельств.

В базу данных включены также параметры, рассчитанные для бинарных систем вода – растворитель. Для их расчета использованы известные изотермы и изобары свойств от состава бинарных сольвентов [4], либо для их расчета использованы аддитивные уравнения  $X_{12} = \varphi_1 X_1 + \varphi_2 X_2$ , где  $X_{12}$  – величина параметра X смешанного сольвента,  $X_1$  – значение X для воды,  $X_2$  – для модифицирующего растворителя, а  $\varphi_1, \varphi_2$  – объемные доли воды и растворителя в смеси.

В табл. 3 приведены 10 смешанных водно-органических смесей с максимальными значениями  $K_s$ , в которых оценивались суммы таких частных критериев, как относительная стоимость элюента, ПДК, температуры кипения, вспышки, самовоспламенения, давление пара над раствором, прозрачность в УФ-спектре, коэффициент распределения фенола в системе вода –

гидрофильный растворитель+высаливатель. Как видим, эти системы наиболее пригодны для экстракционно-хроматографического определения фенолов в режиме ОФ ВЭЖХ с УФД. Обращает внимание перспективность применения азеотропной системы вода – ацетонитрил [6], при незначительном отличии от максимального значения  $K_s$ , эта система хороша тем, что ее можно регенерировать обычной перегонкой, что сулит большой экономический эффект при ее использовании как в качестве экстрагента, так и в качестве элюента.

### Библиография

1. Рудаков О.Б. Хроматография в контроле качества и безопасности строительных материалов / О.Б. Рудаков, Е.А., Хорохордина, Е.Н. Грошев, А.М. Хорохордин // Аналитика и контроль. 2016. - Т.20. - №. 4. – С. 254 - 265.
2. Рудаков О.Б. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии / О.Б. Рудаков, И.А. Востров, С.В. Федоров, А.А. Филиппов, В.Ф. Селеменов, А.А. Приданцев. – Воронеж: Водолей, 2004. – 528 с.
3. Рудаков О.Б. Информационно-аналитическая система оценки технико-эксплуатационных свойств растворителей / О.Б. Рудаков, А.В. Калач, А.Б. Плаксицкий, А.А. Исаев // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура, 2013. - №1. – С. 121 - 127.
4. Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Информационные технологии в аналитическом контроле биологически активных веществ. Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 361 с.
5. Подолина Е.А., Грошев Е.Н., Рудаков О.Б. Экстракционно-инструментальные способы определения фенолов в конденсированных средах / Е.А. Подолина, Е.Н. Грошев, О.Б. Рудаков // Конденсированные среды и межфазные границы. - Т. 13. - №1. – 2011. - № 1. – С. 72 – 79.
6. Рудаков О.Б. Ацетонитрил – уникальный растворитель для жидкостной хроматографии и экстракции / О.Б. Рудаков, Е.А. Хорохордина, Л.В. Рудакова, Е.Н. Грошев // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2015. - №3. – С. 42 - 47.
7. Рудаков О.Б. Низкотемпературная жидкостно-жидкостная экстракция фенолов из водных растворов гидрофильными смесями экстрагентов / О.Б. Рудаков, Е.А. Хорохордина, М.А. Преображенский, Л.В. Рудакова // Журнал физич. химии. - 2016. Т. 90. - №8. - С. 1257 - 1260.
8. Бехтерев В.Н. Выделение фенолов из воды экстракционным вымораживанием / В.Н. Бехтерев // Журнал аналитич. химии. - 2008. - Т. 63. - №10. - С. 1045 - 1049.
9. Vanhoenacker G., Sandra P., David F., Sandra K., Pereira A. .Green Chromatography (Part 1): Introduction and Liquid Chromatography / G. Vanhoenacker, P. Sandra, F. David, K. Sandra, A. Pereira // LCGC Europe. - 2010. - V.23. - No 5. - P. 242 - 259.

Таким образом, применение обобщенных критериев позволило провести выборку растворителей из базы данных и количественно сопоставить технические и потребительские достоинства растворителей при заданных нормирующих значениях и весовых коэффициентах для целей оптимизации и совершенствования экстракционно-хроматографических методов определения фенольных экотоксикантов с применением микроколоночной обращено-фазовой ВЭЖХ с УФ-детектором.

### Reference

1. Rudakov O.B. Hromatografiya v kontrole kachestva i bezopasnosti stroitel'nyh materialov / O.B. Rudakov, E.A., Horohordina, E.N. Groshev, A.M. Horohordin // Analitika i kontrol'. 2016. - T.20. - №. 4. – S. 254 - 265.
2. Rudakov O.B. Sputnik hromatografista. Metody zhidkostnoj hromatografii / O.B. Rudakov, I.A. Vostrov, S.V. Fedorov, A.A. Filippov, V.F. Selemenov, A.A. Pridancev. – Voronezh: Vodolej, 2004. – 528 s.
3. Rudakov O.B. Informacionno-analiticheskaya sistema ocenki tekhniko-ehkspluatacionnyh svojstv rastvoritelej / O.B. Rudakov, A.V. Kalach, A.B. Plaksickij, A.A. Isaev // Nauchnyj vestnik VGASU. Stroitel'stvo i arhitektura, 2013. - №1. – S. 121 - 127.
4. Rudakov O.B., Rudakova L.V. Informacionnye tekhnologii v analiticheskom kontrole biologicheski aktivnyh veshchestv. Sankt-Peterburg: Lan', 2015. – 361 s.
5. Podolina E.A., Groshev E.N., Rudakov O.B. EHkstrakcionno-instrumental'nye sposoby opredeleniya fenolov v kondensirovannyh sredah / E.A. Podolina, E.N. Groshev, O.B. Rudakov // Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granicy.- T. 13. - №1. – 2011. - № 1. – S. 72 – 79.
6. Rudakov O.B. Acetonitril – unikal'nyj rastvoritel' dlya zhidkostnoj hromatografii i ehkstrakcii / O.B. Rudakov, E.A. Horohordina, L.V. Rudakova, E.N. Groshev // Vestnik VGU. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya. - 2015. - №3. – S. 42 - 47.
7. Rudakov O.B. Nizkotemperaturnaya zhidkostno-zhidkostnaya ehkstrakciya fenolov iz vodnyh rastvorov gidrofil'nymi smesyami ehkstragentov / O.B. Rudakov, E.A. Horohordina, M.A. Preobrazhenskij, L.V. Rudakova // ZHurnal fizich. himii. - 2016. T. 90. - №8. - S. 1257 - 1260.
8. Bekhterev V.N. Vydelenie fenolov iz vody ehkstrakcionnym vymorazhivaniem / V.N. Bekhterev // ZHurnal analitich. himii. - 2008. - T. 63. - №10. - S. 1045 - 1049.
9. Vanhoenacker G., Sandra P., David F., Sandra K., Pereira A. Green Chromatography (Part 1): Introduction and Liquid Chromatography / G. Vanhoenacker, P. Sandra, F. David, K. Sandra, A. Pereira // LCGC Europe. - 2010. - V.23. - No 5. - P. 242 – 259.

## INFORMATION-ANALYTICAL MODEL OF TEST SOLVENTS FOR EXTRACTION-CHROMATOGRAPHIC METHODS OF CONTROL TOXICANTS IN BUILDING MATERIALS

*The article considers informational-analytical model of test solvents for methods of analytical control of phenolic toxicants contained in free form in the polymer-containing construction materials and products. The basis is information-the analytical model is supposed to use generic benchmarks that are for a specific analytical task, taking into account factors weight of individual criteria. The model allows you to select specific criteria and filter the optimized parameters of the given boundary conditions. The paper presents the rating of the applicability of the solvents for extraction-chromatographic determination of phenolic compounds using micro columns reverse phase high-performance chromatography with UV-detector. It is shown that the sum of the 8 parameters (boiling point, flash point and auto-ignition, MPC, viscosity, threshold, transparency in UV region, hydrophobic-hydrophilic balance and cost) maximum rating of the use as components of liquid extraction systems and modifiers of mobile phases have such individual solvents such as ethanol, isopropanol, acetonitrile, methanol and THF. In the evaluation of properties of binary solvent, the maximum value of the generalized criterion are typical for mixtures of water – isopropanol and water – acetonitrile.*

**Keywords:** *informational-analytical model, analytical control, toxicants, organic solvents, liquid-liquid extraction, high performance liquid chromatography, building materials.*

**Грошев Евгений Николаевич,**

*заместитель начальника института по служебно-боевой подготовке,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: vigps@mail.ru,*

**Groshev E.N.,**

*Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Voronezh.*

**Калач Андрей Владимирович,**

*заместитель начальника института по научной работе,  
профессор, д.х.н.,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: AVKalach@gmail.com,*

**Kalach A.V.,**

*the deputy chief on scientific work of institute,  
prof., doctor of the chemical Sciences,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Voronezh.*

**Рудаков Олег Борисович,**

*заведующий кафедрой химии и химической технологии материалов,  
д.х.н., профессор,  
Воронежский государственный технический университет,  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: rudakov@vgasu.vrn.ru*

**Rudakov O.B.,**

*Head of Department of chemistry,  
prof., doctor of the chemical Sciences,  
Voronezh state technical University,  
Russia, Voronezh.*

## СТРУКТУРИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

*С.А. Дашко, Г.И. Сметанкина, Н.И. Попов*

*Современное нормативное правовое регулирование в области обеспечения пожарной безопасности несёт в себе большое количество федеральных законов, сводов правил, норм и других требований. Вместе с тем, современное строительство использует разнообразные планировочные решения, которые требуют повышенного внимания с точки зрения пожарной безопасности.*

*Архитекторская мысль должна быть не только красивой и практичной, но и соответствовать действующим нормативным документам. При проектировании объектов со сложным архитектурным исполнением способы достижения соответствия условий обеспечения пожарной безопасности на них должны быть исключительно правовыми. В статье предпринята попытка структурирования системы нормативных документов в области пожарной безопасности на стадии проектирования объектов.*

**Ключевые слова:** *нормативные документы, пожарная безопасность, специальные технические условия, проектная документация, требования пожарной безопасности, технический регламент*

В соответствии с законодательством о техническом регулировании в области пожарной безопасности все технические нормы обеспечения пожарной безопасности (требования пожарной безопасности) разделяются на две группы - нормы, являющиеся обязательными для исполнения и обеспечивающие минимально необходимый уровень защиты, и нормы, носящие рекомендательный характер.

Обязательными для исполнения являются нормы, содержащиеся в технических регламентах, независимо от того, чем принят Технический регламент - федеральным законом, постановлением Правительства или в особых случаях указом Президента, актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию или международным договором России. Остальные нормы обеспечения пожарной безопасности, содержащиеся в сводах правил, национальных стандартах, НПБ, ППБ и т.д. не могут носить обязательный характер (ч. 3 ст. 7 184-ФЗ [4]), т. е. носят рекомендательный характер и направлены на повышение защищенности объекта от пожара, снижение вероятности его возникновения [6].

Принятие положений Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ в соответствии со ст. 4 п. 2 Федерального закона "О техническом регулировании" является началом многоуровневой структуры существующих нормативных технических документов, которые реализуются в части, их касающейся, в ст.6 Закона [3]:

- 992 нормативно-технических документа (национальные стандарты, международные стандарты);

- 418 общероссийских, ведомственных и отраслевых нормативных документов (СНиП, ВСН, ОНТП, ВНТП);

- 155 общероссийских, ведомственных и территориальных норм пожарной безопасности (ППБ, ТНПБ, ВППБ);

- 140 общероссийских норм пожарной безопасности (НПБ);

- своды норм и правил.

Так как современные архитектурные технологии в некоторых случаях «опережают» действующие строительные нормы и требования, соблюдение выполнения действующих нормативных требований невозможно, а многие планировочные решения не входят в действующие стандарты и положения вовсе.

Для таких объектов в соответствии с Приказом МЧС России от 28.11.2011 №710 «Об утверждении административного регламента МЧС России предоставления государственной услуги по согласованию специальных технических условий для объектов, в отношении которых отсутствуют требования пожарной безопасности, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации и нормативными документами по пожарной безопасности, отражающих специфику обеспечения их пожарной безопасности и содержащих комплекс необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению их пожарной безопасности» разрабатываются специальные технические условия.

Исходя из пункта 5 Постановления № 87 [4], специальные технические условия - это документ, который содержит вновь разработанные нормы - то есть, нормы, недостающие или отсутствующие в нормативной базе РФ,

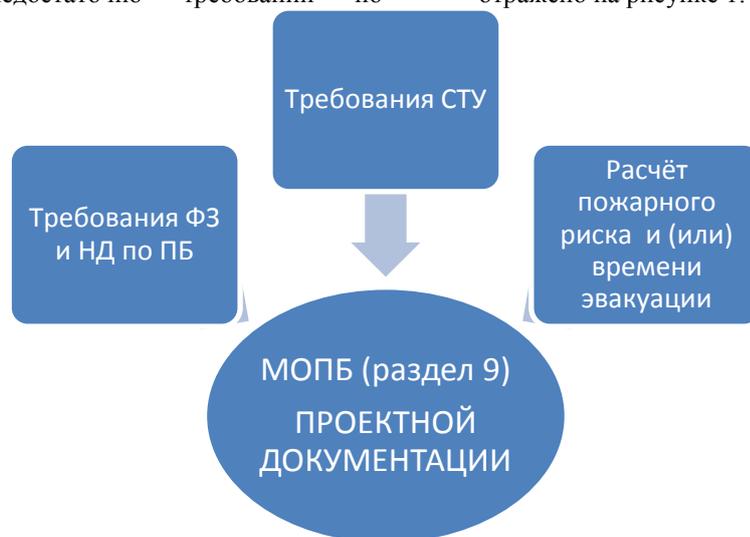
нормативные требования для проектирования конкретного уникального объекта или объекта с нестандартными проектными решениями. Примерно такое же определение «Специальным техническим условиям» дают ч. 8 статьи 6 Федерального закона №384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и ч. 2 статьи 78 Федерального закона №123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Приказ Министерства регионального развития России № 36 от 01.04.2008 пункт 2 прямо говорит о том, что **специальные технические условия являются техническими нормами**, содержащими (применительно к конкретному объекту капитального строительства) дополнительные к установленным или отсутствующие технические требования в области безопасности (в том числе пожарной), отражающими особенности инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации, а также демонтажа (сноса) объекта.

Таким образом, специальные технические условия по обеспечению пожарной безопасности - это документ, содержащий **нормы, нормативные требования, и**, в случае, если для разработки проектной документации на объект капитального строительства недостаточно требований по

безопасности, установленных нормативными техническими документами, или такие требования не установлены вовсе, разработке проектной документации должны предшествовать разработка и утверждение в установленном порядке специальных технических условий.

Проектная документация для объектов капитального строительства состоит из нескольких разделов: пояснительная записка, архитектурные решения, конструктивные и объёмно-планировочные решения и так далее. В том числе проектная документация содержит и раздел «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» (МОПБ), который включает в себя содержание и обоснование проектных решений в части обеспечения пожарной безопасности проектируемого объекта.

Учитывая перечисленное выше, нормативные требования в части обеспечения пожарной безопасности, включенные в СТУ, стоят в одном ряду с требованиями, содержащимися в других документах: Федеральном законе "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ и в нормативных документах (Сводах правил) и без их разработки (в случаях необходимости) подготовка проектной документации невозможна, что отражено на рисунке 1.



**Рис.1.** Схема взаимосвязи нормативных документов при разработке проектной документации

Проектная организация, имея на руках разработанные и согласованные в установленном порядке СТУ по пожарной безопасности, разрабатывает все разделы проектной документации (особенно это касается раздела МОПБ) для своего уникального (нестандартного) объекта в соответствии со следующими нормами:

- нормативными требованиями Федерального Закона [3],

- требованиями нормативных документов (Сводов Правил),

- нормативными требованиями СТУ.

В заключение, исходя из результатов анализа структуризации нормативных документов, в области пожарной безопасности на стадии проектирования объектов можно предложить следующую структуру и организацию взаимосвязи между ними:

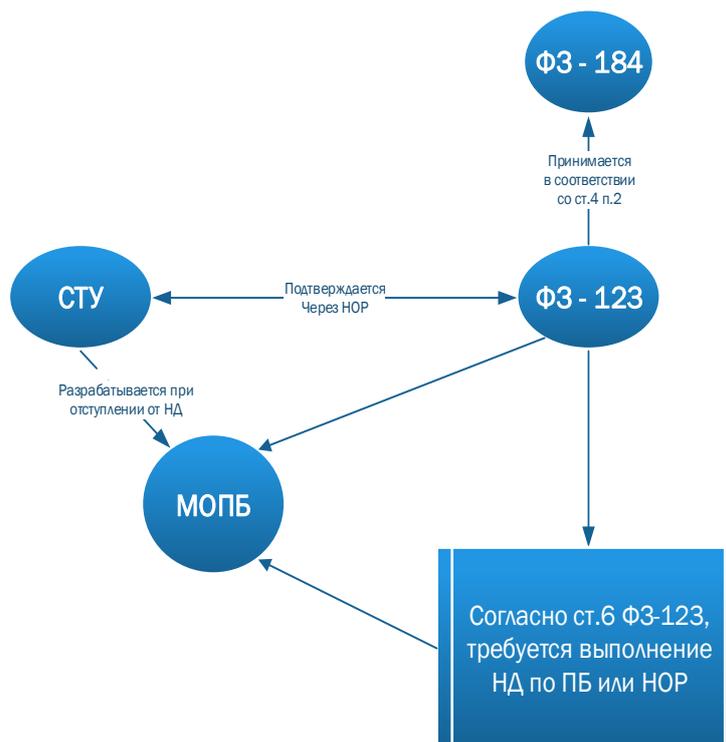


Рис.2. Структура и организация взаимосвязи нормативных документов в области пожарной безопасности

Данная схема показывает, что на стадии проектирования обеспечение пожарной безопасности закладывается в разделе №9 проектной документации, который содержит требования «Технического регламента о ТПБ», требования СТУ (если они разработаны) и выполнение нормативных документов по пожарной безопасности или независимую оценку пожарного риска. В свою очередь, «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» принимается

в соответствии со ст. 4 п.2 ФЗ-184 [2], и также требует выполнения вышеуказанных нормативных документов.

Таким образом, сегодня можно говорить о том, что созданы все предпосылки для эффективного функционирования системы нормативных документов в области пожарной безопасности, которая должна быть гарантом обеспечения защищенности личности и общества от пожара [5].

### Библиография

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 27 декабря 2002 г. 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Федеральный закон № 123 от 22 07.2008г. Технический регламент «О требованиях пожарной безопасности».
4. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 №87 (ред. от 10.12.2014г.) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
5. Сметанкина Г.И., Дорохова О.В. Безопасность как фактор, влияющий на социально-экономическое развитие общества / Г.И. Сметанкина, О.В. Дорохова // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. - Пермь, 2016. - С. 71 - 73.
6. Сметанкина Г.И., Шуткина С.А. Правовое регулирование в области пожарной безопасности / Г.И. Сметанкина, С.А. Шуткина. Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 11-1. С. 316-318.

### References

1. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29 dekabrya 2004 g. № 190-FZ.
2. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrya 2002 g. 184-FZ «O tekhnicheskome regulirovanii».
3. Federal'nyj zakon № 123 ot 22 07.2008g. Tekhnicheskij reglament «O trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti».
4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 №87 (red. ot 10.12.2014g.) «O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovaniyah k ih sodержaniyu».
5. Smetankina G.I., Dorohova O.V. Bezopasnost' kak faktor, vliyayushchij na social'no-ehkonomicheskoe razvitie obshchestva / G.I. Smetankina, O.V. Dorohova // Razvitie sovremennoj nauki: teoreticheskie i prikladnye aspekty. Sbornik statej studentov, magistrantov, aspirantov, molodyh uchenyh i prepodavatelej. - Perm', 2016. - S. 71 - 73.
6. Smetankina G.I., SHutkina S.A. Pravovoe regulirovanie v oblasti pozharnoj bezopasnosti / G.I. Smetankina, S.A. SHutkina. Gumanitarnye, social'no-ehkonomicheskie i obshchestvennye nauki. 2015. № 11-1. S. 316-318.

## **STRUCTURING SYSTEMS OF NORMATIVE DOCUMENTS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY IN THE DESIGN STAGE**

*Modern normative legal regulation in the field of fire safety carries a large number of Federal laws, regulations, rules and other requirements. However, modern construction uses a variety of planning decisions, which require special attention from the point of view of fire safety. The architectural idea should be not only beautiful and practical, but also to comply with current regulations. When designing buildings with complex architectural design, the ways to achieve the compliance of the conditions of fire safety, they should be exclusively legal. In article attempt of structuring the system of normative documents in the field of fire safety in the design stage.*

**Keywords:** *normative documents, fire safety, technical specification, project documentation, requirements of fire safety technical regulations.*

**Дашко Сергей Александрович,**  
*аспирант,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Краснодар,  
e-mail: sergey.dashko.91@mail.ru,  
Dashko S.A.,  
graduate student,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia  
Russia, Krasnodar.*

**Сметанкина Галина Иульевна,**  
*профессор кафедры пожарной безопасности в строительстве,  
к.т.н., доцент,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж,  
e-mail: sgi1976@rambler.ru,  
Smetankina G.Y.,  
Professor, Department of fire safety  
in construction Ph. D., associate Professor  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Voronezh.*

**Попов Николай Иванович,**  
*заместитель начальника факультета  
подготовки кадров высшей квалификации,  
к.т.н.,  
Воронежский институт ГПС МЧС России,  
Россия, г. Воронеж.  
Porov N.I.,  
deputy head of faculty  
training of the highest qualification, Ph. D.,  
Voronezh Institute of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Russia, Voronezh.*

## К ВОПРОСУ О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

К.Ж. Раимбеков, А.Б. Кусаинов

В статье рассмотрены определения пожарной безопасности и пожарного риска. Проведен анализ пожарной обстановки в Республике Казахстан. Проанализирована обстановка с пожарами в государствах-членах Евразийского экономического сообщества. Вычислены значения индивидуального пожарного риска. Проведено сравнение требуемого и фактического значения индивидуального пожарного риска в Республике Казахстан и в государствах-членах Евразийского экономического сообщества. Установлено, что индивидуальный пожарный риск в Республике Казахстан за последние годы сократился. Рассмотрены способы предотвращения и управления пожарным риском.

**Ключевые слова:** пожар, пожарная безопасность, индивидуальный пожарный риск, управление пожарным риском.

Одной из наиболее распространенных и опасных категорий чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары. В связи с этим важнейшая задача государства - обеспечение пожарной безопасности.

В целях реализации задач и функций по обеспечению пожарной безопасности создана и функционирует система обеспечения пожарной безопасности Республики Казахстан. Ключевым словом в данной системе является «безопасность». В настоящее время в науке и нормативно-правовых актах Республики Казахстан нет однозначного толкования понятия «безопасность». Рассматриваются лишь отдельные её виды, в том числе и пожарная безопасность, определенная как «состояние защищенности людей, имущества, общества и государства от пожаров».

В словаре В. Даля можно найти следующее определение безопасности «отсутствие опасностей, сохранность, надежность».

В политической энциклопедии дается

следующее определение: «Безопасность – состояние надежной защищенности жизненно важных интересов и коренных основ существования личности, общества и государства, а также мирового сообщества от внутренних и внешних угроз» [1].

Слово «безопасность» образовалось с помощью приставки «без», которая выражает значение «не имеет чего-либо» и корня «опасность» т.е. угроза бедствия, катастрофы, пожара и т.д.

Таким образом, система обеспечения пожарной безопасности должна обеспечить отсутствие пожаров.

Однако, как показывает анализ, чрезвычайных ситуаций ежегодно в Республике Казахстан происходит порядка 14,5 тыс. производственных и бытовых пожаров, от которых более 400 человек погибает и около 1 тыс. получают увечья различной степени тяжести (таблица 1).

Таблица 1

Наименование	Динамика обстановки с пожарами в Республике Казахстан											
	год											
Население тыс. чел.	1507	1521	1539	1557	1577	1620	1644	1667	1691	1716	1741	1767
Кол-во пожаров	4	9	6	1	6	4	1	5	1	5	7	0
Кол-во погибших, чел.	1701	1840	1706	1770	1629	1783	1459	1614	1362	1447	1445	1415
Кол-во пострадавших, чел.	6	1	0	2	7	9	9	5	1	7	2	2
$R_1, \left[ \frac{\text{пож.}}{10^3 \text{чел.год}} \right]$	573	664	510	501	552	527	487	518	455	401	386	369
$R_2, \left[ \frac{\text{жертв}}{100 \text{пож.}} \right]$										1011	963	
	1322	1644	1077	1143	1153	1248	1082	1112	1034			941
	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
	3,3	3,6	2,9	2,8	3,4	2,9	3,3	3,2	3,3	2,8	2,7	2,6

$R_3, \left[ \frac{\text{жертв}}{10^5 \text{ чел. год}} \right]$	3,8	4,4	3,3	3,2	3,5	3,2	2,9	3,1	2,7	2,3	2,2	2,1
$R_4, \left[ \frac{\text{постр}}{100 \text{ пож.}} \right]$	7,8	8,9	6,3	6,4	7,1	7,0	7,4	6,9	7,6	7,0	6,7	6,6
$R_5, \left[ \frac{\text{постр}}{10^5 \text{ чел. год}} \right]$	8,7	10,8	7,0	7,3	7,3	7,7	6,6	6,7	6,1	5,9	5,5	5,3

Примечание.  $R_1$  — риск для человека оказаться в условиях пожара на каждые 1000 чел.;  $R_2$  — риск погибнуть при каждых 100 пожарах;  $R_3$  — риск погибнуть при пожаре за год на каждые 100 тыс. чел.;  $R_4$  — риск получить увечье при каждых 100 пожарах;  $R_5$  — риск получить увечье при пожаре за год на каждые 100 тыс. чел.

Из таблицы 1 видно, что в среднем за год на 1 тыс. граждан Республики Казахстан приходится около 1 пожара, на 100 тыс. человек пришлось 2,7 погибших и 7,1 пострадавших. При каждых 100 пожарах погибало 2,9 и получало увечья 7,0 человек [2].

На основании вышеизложенного можно предположить, что система обеспечения пожарной безопасности не обеспечивает необходимую защищенность от пожаров. Данное обстоятельство очевидно, так как принципиально невозможно свести вероятность возникновения пожара к нулю.

Об этом говорится в Техническом регламенте Республики Казахстан «Общие требования к пожарной безопасности» [3]. «Пожарная безопасность объекта считается обеспеченной, если выполняется одно из нижеследующих условий ... «- пожарный риск не превышает допустимых значений». То есть допускается определенная количественная величина реализации пожарной опасности. Данной величиной служит индивидуальный пожарный риск, равный  $10^{-6}$  в год.

Обеспеченность выполнения данной нормативной величины проверим методом, предложенным Брушлинским Н.Н. [4].

Пусть в Республике проживает  $Q$  человек. В единицу времени (год) в Республике происходит  $N$  пожаров, при которых травмируются  $Q_T$  и погибают  $Q_G$  человек.

Тогда риск  $R_1$  для человека оказаться в условиях пожара можно вычислить следующим образом:

$$R_1 = \frac{N}{Q} \left[ \frac{\text{пожар}}{\text{чел.ед.вр.}} \right] \quad (1)$$

Риск  $R_2$  для человека получить травму при пожаре будет равен:

$$R_2^T = \frac{Q_T}{N} \left[ \frac{\text{травма}}{\text{пожар}} \right] \quad (2)$$

Соответственно, риск  $R_2^G$  для человека погибнуть при пожаре равен:

$$R_2^G = \frac{Q_G}{N} \left[ \frac{\text{гибель}}{\text{пожар}} \right] \quad (3)$$

Наконец, риск  $R_2^{T+G}$  для человека получить травму или погибнуть при пожаре вычисляется, очевидно, таким образом:

$$R_2^{T+G} = \frac{Q_T + Q_G}{N} \left[ \frac{\text{травма+гибель}}{\text{пожар}} \right] \quad (4)$$

Отсюда индивидуальный пожарный риск  $R_3^{T+G}$  для человека травмироваться или погибнуть от пожара в единицу времени будет равен:

$$R_3^{T+G} = R_1 \left[ \frac{\text{пожар}}{\text{чел.ед.вр.}} \right] \cdot R_2^{T+G} \left[ \frac{\text{травма+гибель}}{\text{пожар}} \right] = \text{ИПР} \left[ \frac{\text{травма+гибель}}{\text{чел.ед.вр.}} \right] \quad (5)$$

Результаты расчета представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

Динамика значений индивидуального пожарного риска за 2005-2016 гг.

Наименование	год											
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$R_1, \left[ \frac{\text{пож.}}{10^3 \text{ чел.год}} \right]$	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
$R_2^{T+G}, \left[ \frac{\text{травма + гибель}}{10^2 \text{ пожар}} \right]$	12	12	9	9	10	9	10	10	10	9	9	9
ИПР, $\left[ \frac{\text{травма + гибель}}{10^5 \text{ чел. ед. вр.}} \right]$	13,2	14,4	9,9	9,9	10	9,9	8,0	9,0	8,0	7,2	7,2	7,2

Из таблицы 2 и рисунка 1 видно, что индивидуальный пожарный риск за последние 10 лет сократился почти в два раза и составляет  $7,2 \cdot 10^{-5}$ . Это означает, что в среднем из каждых 100 тыс. человек жертвами пожара в Республике Казахстан становятся примерно семь человек [5]. Вместе с тем, индивидуальный пожарный риск в

Республике Казахстан значительно превышает нормативное значение  $72 \cdot 10^{-6} \gg 1 \cdot 10^{-6}$ . При существующей динамике снижения индивидуального пожарного риска не трудно подсчитать, что он достигнет требуемого значения более чем через 60 лет.

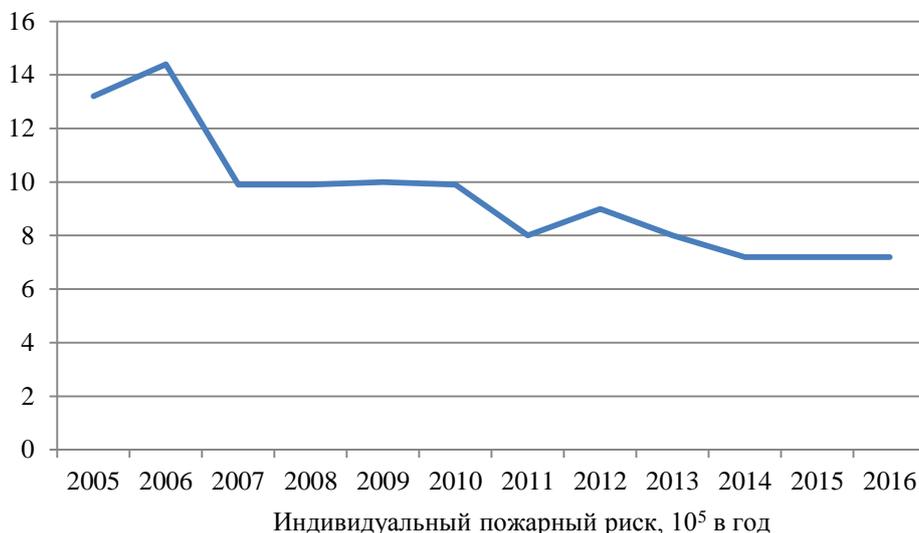


Рис. 1. Значения индивидуального пожарного риска в Республике Казахстан в период с 2005 по 2016 гг.

В соответствии с приведенной методикой проведем оценку индивидуального пожарного риска в 2014 году для некоторых государств-членов

Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС), результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3

**Значения индивидуального пожарного риска в государствах-членах ЕврАзЭС в 2014 г. [6,7,8]**

№ п/п	Страна	Население, тыс. чел.	Число пожаров	Число жертв ЧС		ИПР, 10 <sup>5</sup> в год	
				Гибель	Травм. Всего		
1	Россия	143737,2	153002	10253	11089	21342	14,8
2	Казахстан	17165,0	14477	401	1011	1412	7,2
3	Кыргызстан	5776,6	4361	80	57	137	2,3
	Всего	166932	171840	10734	12157	22891	13,4

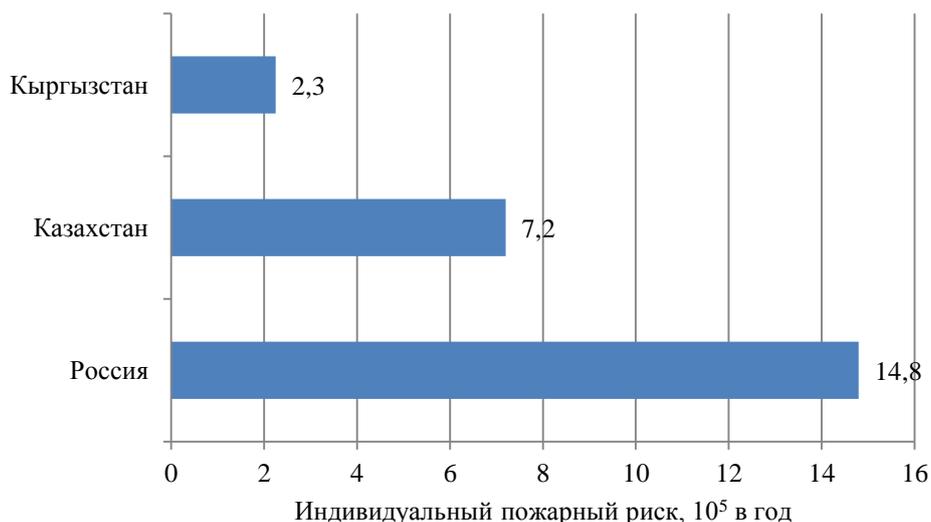


Рис. 2. Значения индивидуального пожарного риска в государствах-членах ЕврАзЭС в 2014 г.

Из таблицы 3 видим, что на каждую 1 тыс. граждан ЕврАзЭС приходилось около одного пожара в год, на каждые 100 пожаров в среднем приходилось 13 человек погибших и пострадавших.

Из рисунка 2 видно, что в государствах-членах ЕврАзЭС индивидуальный пожарный риск превышает допустимое значение во много раз.

Для минимизации вероятности возникновения пожаров и их последствий предлагается перейти от системы обеспечения пожарной безопасности к «управлению пожарным риском».

В настоящее время в Республике Казахстан введен Международный стандарт Менеджмент риска СТ РК ИСО Руководство 73– 2010 [9], согласно которому «управление риском - меры, которые модифицируют риск».

На основании изложенного можно предположить, что управление пожарным риском - разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального, организационного, правового и иного характера), направленных на минимизацию значения риска до допустимого уровня.

Для постановки реальной перспективной цели по снижению уровня пожарного риска в Республике Казахстан предлагается определить индивидуальный пожарный риск для зданий и сооружений, за исключением промышленных объектов, на уровне  $1 \cdot 10^{-5}$  в год.

Основной задачей управления пожарным риском будет являться разработка и реализация

соответствующих управленческих решений по минимизации пожарного риска до допустимых значений.

Управление риском должно осуществляться по трем основным направлениям [10]:

- передача риска;
- принятие риска;
- снижение риска.

**Передача риска** подразумевает разделение с другой стороны бремени потерь от риска. Иначе говоря, страхование от возможных социально-экономических последствий пожара.

**Принятие риска** – заблаговременная подготовка к возможной угрозе возникновения пожара и оперативное проведение работ по его локализации и ликвидации.

**Снижение риска** – комплекс организационных, инженерно-технических и иных мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения пожара и его последствий.

Предлагаемая система позволит выработать более гибкие и эффективные подходы к минимизации индивидуального пожарного риска.

Разработка и внесение соответствующих изменений и дополнений в нормативно-правовые акты позволит модернизировать систему обеспечения пожарной безопасности путем перехода от принципов безопасности к управлению рисками чрезвычайных ситуаций, что должно значительно повысить уровень защищенности от пожаров.

#### Библиография

1. Политическая энциклопедия. – М., 2000. – Т. 1. – С. 104.
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А. и др. Основы теории пожарных рисков и ее приложения: Монография / Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А., Белов В.А. и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 192 с.
3. Постановление Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Технического регламента Общественные требования к пожарной безопасности» от 16 января 2009 года № 14 – [эл. ресурс]. URL: <http://adilet.kz>.
4. Брушлинский Н.Н., Иванов О.В., Клепко Е.А., Соколов С.В. Пожарные риски (основы теории): Монография. – М.: Академия МЧС России, 2015. – 65 с.
5. Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Wagner P. Humanity and Fires / N.N. Brushlinskiy, S.V. Sokolov, P. Wagner. – Leipzig: German Fire Protection Association, 2010. – 353 p.
6. Сайт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан. – [эл. ресурс]. URL: <http://www.emercom.kz>.
7. Сайт МЧС России. – [эл. ресурс]. URL: <http://www.mchs.gov.ru>.
8. Сайт МЧС Кыргызской Республики. – [эл. ресурс]. URL: <http://mes.kg>.
9. Международный стандарт Менеджмент риска СТ РК ИСО Руководство 73– 2010. – [эл. ресурс]. URL: <http://www.adilet.kz>.
10. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: учебное пособие в системе образования МЧС России и РСЧС / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

#### References

1. Politicheskaya ehnciklopediya. – М., 2000. – Т. 1. – S. 104.
2. Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A. i dr. Osnovy teorii pozharnyh riskov i ee prilozheniya: Monografiya / Brishlinskiy N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A., Belov V.A. i dr. – М.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2012. – 192 s.
3. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazahstan «Ob utverzhdenii Tekhnicheskogo reglamenta Obshchie trebovaniya k pozharnoj bezopasnosti» ot 16 yanvary 2009 goda № 14 – [ehl. resurs]. URL: <http://adilet.kz>.
4. Brushlinskiy N.N., Ivanov O.V., Klepko E.A., Sokolov S.V. Pozharnye riski (osnovy teorii): Monografiya. – М.: Akademiya MCHS Rossii, 2015. – 65 s.
5. Brushlinskiy N.N., Sokolov S.V., Wagner P. Humanity and Fires / N.N. Brushlinskiy, S.V. Sokolov, P. Wagner. – Leipzig: German Fire Protection Association, 2010. – 353 p.
6. Sajt Komiteta po chrezvychajnym situacijam MVD Respubliki Kazahstan. – [ehl. resurs]. URL: <http://www.emercom.kz>.
7. Sajt MCHS Rossii. – [ehl. resurs]. URL: <http://www.mchs.gov.ru>.
8. Sajt MCHS Kyrgyzskoj Respubliki. – [ehl. resurs]. URL: <http://mes.kg>.
9. Mezhdunarodnyj standart Menedzhment riska ST RK ISO Rukovodstvo 73– 2010. – [ehl. resurs]. URL: <http://www.adilet.kz>.
10. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Radaev N.N. Osnovy analiza i upravleniya riskom v prirodnoj i tekhnogennoj sferah: uchebnoe posobie v sisteme obrazovaniya MCHS Rossii i RSCHS / V.A. Akimov, V.V. Lesnyh, N.N. Radaev. – М.: Delovoj ehkspress, 2004. – 352 s.

## TO THE QUESTION OF FIRE SAFETY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

*The article considers the definitions of fire safety and fire risk. The fire situation in the Republic of Kazakhstan is analyzed. The situation with fires in the member states of the Eurasian Economic Community is analyzed. The values of individual fire risk are calculated. The required and actual values of individual fire risk are compared in the Republic of Kazakhstan and in the member states of the Eurasian Economic Community. It is established that the individual fire risk in the Republic of Kazakhstan has declined in recent years. The ways of prevention and management of fire risk are considered.*

**Keywords:** *fire, fire safety, individual fire risk, fire risk management.*

**Раимбеков Кендебай Жанабильевич,**

*заместитель начальника института по научной работе,*

*к. ф.-м. н.,*

*Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД*

*Республики Казахстан,*

*Республика Казахстан, г. Кокшетау,*

*e-mail: kendeбай\_63@mail.ru*

**Raimbekov K.Zh.,**

*candidate of physico-mathematical Sciences,*

*Kokshetau Technical Institute of the CES MIA of the Republic of Kazakhstan,*

*Republic of Kazakhstan, Kokshetau.*

**Кусаинов Арман Булатович,**

*доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях,*

*магистр естественных наук,*

*Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД*

*Республики Казахстан,*

*Республика Казахстан, г. Кокшетау,*

*e-mail: arman\_1703@mail.ru*

**Kusaïnov A.B.,**

*master of natural science,*

*Kokshetau Technical Institute of the CES MIA of the Republic of Kazakhstan,*

*Republic of Kazakhstan, Kokshetau.*

## ФОРМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*М.В. Торопова, А.А. Воронцова, Д.В. Калашников, А.А. Липский*

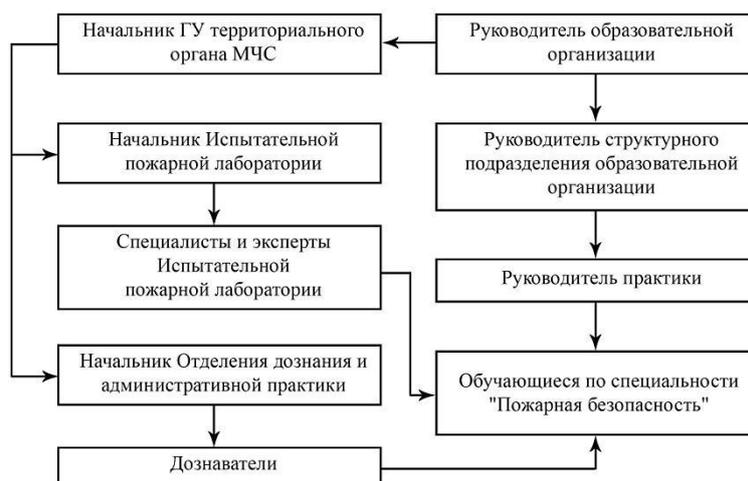
*Введение федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения предусматривает формирование у специалистов в области пожарной безопасности ряда компетенции в сфере экспертной деятельности. В этой связи важное значение имеет практическое закрепление сформированных компетенций. Положительный опыт взаимодействия судебно-экспертного учреждения федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области (ИПЛ) и Ивановского государственного политехнического университета показал целесообразность проведения практических занятий для студентов специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» на базе ИПЛ с применением современных образовательных технологий.*

**Ключевые слова:** *пожарная безопасность, экспертная деятельность, испытательная пожарная лаборатория.*

Подготовка специалистов в области пожарной безопасности представляет собой постоянно развивающийся процесс, в основе которого лежат современные образовательные технологии. Так, внедрение нового федерального государственного образовательного стандарта в процесс обучения по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность» [1] направлено на формирование у обучающихся теоретических и практических навыков в сфере планирования, организации проведения экспертной деятельности с использованием передовых методов научных

исследований. К таким компетенциям следует отнести:

- способность к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- способность организовывать деятельность судебно-экспертных учреждений МЧС России;
- способность участвовать в качестве эксперта, специалиста в следственных и иных процессуальных действиях.



**Рис. 1.** *Схема координации совместной деятельности образовательной организации и специалистов МЧС РФ*

Степень сформированности компетенций обусловлена не только уровнем приобретенных теоретических знаний, но и, несомненно, практическими умениями и навыками осуществления профессиональной деятельности. В этой связи, по мнению авторов, одним из

приоритетных направлений развития практической составляющей при подготовке специалистов в области пожарной безопасности является организация тесного и всестороннего взаимодействия со структурными подразделениями МЧС России. Поэтому в

качестве «пилотного» проекта была предложена следующая схема координации совместной деятельности образовательной организации и специалистов МЧС РФ.

Представленная на рис. 1 схема взаимодействия была реализована ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение Федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области» с участием преподавателей и студентов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», сотрудниками Отделения дознания и административной практики г.о. Иваново.

Студенты в ходе практических занятий на базе испытательной пожарной лаборатории познакомились с такими установками, как ОВТ для испытания воспламеняемости тканей, ПМП-1 для испытания качества огнезащитной обработки деревянных конструкций, ОТП для определения температуры воспламенения твердых веществ. Были отработаны методики проведения огневых испытаний, а также исследована зависимость огнезащитной эффективности деревянных материалов и тканей от химического состава специальных пропиток. Полученные результаты были оформлены согласно нормативной литературе в виде протоколов и представлены для отчетности руководителю практики. Студенты получили положительные отзывы о проделанной работе и изъявили желание и следующие виды практик проводить на базе испытательной пожарной лаборатории [2].

Особенностью организации практики по профилю специальности стало выполнение индивидуальных заданий, отражающих специфику деятельности ИПЛ, и оснащение современным оборудованием. Для закрепления теоритических основ по дисциплинам «Технология расследования пожаров», «Экспертиза пожаров» сотрудниками испытательной лаборатории были организованы мастер-классы, которые позволили достигнуть следующих результатов:

- наглядно продемонстрировать процесс организации и проведения осмотра места пожара;
- освоить алгоритм составления протоколов места осмотра пожара;
- научиться применять специальные полевые приборы и оборудование на месте происшествия;
- оценить уровень сформированности компетенций с помощью средств контроля учебных достижений студентов [3];
- изучить деловые, профессиональные, морально-волевые и личностные качества обучающихся с целью определения наиболее целесообразного использования их на службе в соответствующих должностях.

Хочется отметить, что наша инициатива нашла поддержку и понимание со стороны

руководителей СЭУ ФПС страны и выразилась в распоряжении главного государственного инспектора Российской Федерации по пожарному надзору генерал-полковника Кириллова Геннадия Николаевича, чьи слова из выступления на Всероссийском сборе по вопросам совершенствования деятельности судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы, состоявшегося 19.03.2013-20.03.2013 в г. Подольске, приводим дословно:

«С целью повышения эффективности подготовки и решения вопроса комплектования начальникам СЭУ ФПС необходимо:

- резервировать рабочие места под конкретных курсантов хотя бы за год до выпуска;
- через руководство Главных управлений выходить с ходатайством перед учебным заведением о переводе курсантов на индивидуальный план обучения в соответствии с конкретно намечаемой, необходимой конкретной ИПЛ, специализацией. В рамках выбранной специализации планировать выполнение дипломной работы и прохождения преддипломной практики.

Это, как минимум, на год-два ускорит подготовку эксперта к конкретной работе, его профессиональную адаптацию и аттестацию».

Обращает на себя внимание и то новшество, которое было впервые реализовано при проведении плановых практических занятий по дисциплине «Расследование пожаров». При взаимодействии с отделом дознания и административной практики ГУ МЧС России по Ивановской области практические занятия по осмотру мест происшествий были организованы на местах реальных пожаров, произошедших в г. Иваново. Дознатели ОДиАП находили такие пожарища, выясняли факт отсутствия претензий со стороны собственников сгоревшего имущества по поводу проведения в их домовладениях учебных занятий и сообщали об этом преподавателям. Студенты получили возможность осмотра настоящего места пожара.

В заключении отметим, что при подготовке кадров в области пожарной безопасности сотрудники СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области традиционно на высоком профессиональном уровне проводят практические занятия с обучающимися высших учебных заведений города Иваново. Особый интерес представляет координация и совершенствование взаимодействия структур МЧС России с образовательными организациями. Внедрение современных методов экспертизы пожаров и форм организации научной работы с учетом богатого опыта сотрудников «Испытательной пожарной лаборатории» будет способствовать подготовке высококвалифицированных специалистов в области пожарной безопасности.

### Библиография

1. Приказ Минобрнауки России от 17.08.2015 № 851 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета)» (Зарегистрировано в Минюсте России 17.09.2015 N 38916).
2. Воронцова А.А., Торопова М.В., Пуятин В.Э. Из опыта научно-исследовательской работы при подготовке специалистов пожарной безопасности / А.А. Воронцова А.А., М.В. Торопова, В.Э. Пуятин // Материалы двадцать пятой международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2016». - М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 532 - 534.
3. Торопова М.В., Чеснокова Т.В., Лосева М.В. Критерии выбора преподавателем средств оценки учебных достижений студентов по естественно-научным дисциплинам / М.В. Торопова, Т.В. Чеснокова, М.В. Лосева // Новая наука: проблемы и перспективы. – №6. – 2016. – С. 113 - 116.

### References

1. Prikaz Minobrnauki Rossii ot 17.08.2015 № 851 «Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standartar vysshego obrazovaniya po special'nosti 20.05.01 Pozharnaya bezopasnost' (uroven' specialiteta)» (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 17.09.2015 N 38916).
2. Voroncova A.A., Toropova M.V., Putyatin V.EH. Iz opyta nauchno-issledovatel'skoj raboty pri podgotovke specialistov pozharnoj bezopasnosti / A.A. Voroncova A.A., M.V. Toropova, V.EH. Putyatin // Materialy dvadcat' pyatoy mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Sistemy bezopasnosti – 2016». - M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2016. - S. 532 - 534.
3. Toropova M.V., Chesnokova T.V., Loseva M.V. Kriterii vybora prepodavatelem sredstv ocenki uchebnyh dostizhenij studentov po estestvenno-nauchnym disciplinam / M.V. Toropova, T.V. Chesnokova, M.V. Loseva // Novaya nauka: problemy i perspektivy. – №6. – 2016. – S. 113 - 116.

## FORMS OF COOPERATION WITH FORENSIC INSTITUTIONS IN PREPARING SPECIALISTS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

*The introduction of the Federal state educational standard of the third generation involves the formation of professionals in the field of fire safety of a number of competences in the field of expert activities. In this regard, the importance of a practical realization of the formed competencies. Positive experience of the forensic expert institution of Federal fire service «Test fire laboratory» across the Ivanovo region (IPL) and Ivanovo state Polytechnic University showed the feasibility of practical training for students of specialty 20.05.01 «Fire safety» on the basis of IPL with the use of modern educational technologies.*

**Keywords:** fire safety, expert practice, testing fire laboratory.

**Торопова Мария Владиевна,**  
доцент кафедры «Техносферная безопасность»,  
к.т.н.,  
Ивановский государственный политехнический университет,  
Россия, г. Иваново,  
e-mail: mators@mail.ru,  
**Торопова М.В.,**  
docent of the Department «Technosphere safety»,  
cand. of tech. sci.,  
Ivanovo state Polytechnic University,  
Russia, Ivanovo.

**Воронцова Анна Анатольевна,**  
старший эксперт сектора судебных экспертиз,  
СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»,

*Россия, г. Иваново,  
e-mail: vorontsova\_a\_a@mail.ru.*

**Vorontsova A.A.,**  
*Senior expert of the sector of judicial expertises,  
Judicial-expert institution of The State Fire Service «Test Fire Laboratory of The Ivanovo  
Region»,  
Russia, Ivanovo.*

**Калашиников Дмитрий Владимирович,**  
*начальник сектора судебных экспертиз,  
СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»,  
Россия, г. Иваново,  
e-mail: ipl37@mail.ru.*

**Kalashnikov D.V.,**  
*head of the sector of judicial expertises,  
Judicial-expert institution of The State Fire Service «Test Fire Laboratory of The Ivanovo  
Region»,  
Russia, Ivanovo.*

**Липский Алексей Александрович,**  
*начальник сектора исследовательских и испытательных работ в области пожарной  
безопасности,  
СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»,  
Россия, г. Иваново,  
e-mail: ipl37@mail.ru.*

**Lipsky A.A.,**  
*head of sector research and experimental works in the field of fire safety,  
Judicial-expert institution of The State Fire Service «Test Fire Laboratory of The Ivanovo  
Region»,  
Russia, Ivanovo.*

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО

*Н.Ш. Лебедева, Е.Г. Недайводин, С.Д. Сухих*

*В работе рассмотрена статистика пожаров, отмечены основные причины пожаров. Для повышения безопасности строительных материалов используют специальные вещества – антипирены. Известны различные виды антипиренов и требования, предъявляемые к ним. Также рассмотрены способы введения антипиренов. Определено, что бишофит является оптимальным антипиреном для материалов на основе магнезиального вяжущего с органическим наполнителем. Получена термограмма верхового торфа Ивановской области.*

**Ключевые слова:** *Пожарная безопасность, строительный материал, пожарная опасность, антипирены, безопасность, бишофит, огнестойкость, древесина, торф.*

На данном этапе развития общества и государства остро стоит вопрос обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений. Основы пожарной безопасности закладываются ещё во время проектирования строений. Анализ пожаров показал, что их количество с каждым годом снижается, несмотря на это гибель и травматизм людей остается на прежнем высоком уровне, это объясняется различными причинами, среди которых низкая несущая способность конструктивных материалов, подверженных действию высоких температур, несоблюдение технологии производства материалов, наличие дефектов в несущих конструкциях и др. Пожар может возникнуть при контакте источника зажигания с внутренней отделкой помещений, или горючие материалы, входящие в состав строительных конструкций, являются причиной распространения пожара по зданию. Но всегда присутствие горючих отделочных, облицовочных, теплоизоляционных материалов, применяющихся при строительстве зданий, повышает их потенциальную пожарную опасность.

По этой причине нормативные документы, регламентирующие сферу строительства, ограничивают применение горючих пожароопасных материалов [1].

Правильный выбор материалов для строительства, ремонта и реконструкции зданий возможен только на основе знания закономерностей их воспламенения и горения, особенностей их поведения при горении.

Существуют различные классификации строительных материалов по показателям пожарной опасности [2].

Для повышения огнестойкости материалов используют специальные вещества – антипирены [3]. Своевременная и грамотная огнезащитная обработка зданий, конструкций и сооружений - залог безопасности и жизни людей. Антипирены замедляют воспламенение и горение в

связи с тем, что содержат замедлители горения, как правило, антипирены - это легкоплавящиеся вещества, при разложении которых выделяются газы, не поддерживающие горение.

Существуют различные виды антипиренов [4-5]: галогенсодержащие, бромсодержащие, хлорсодержащие, антипирены других классов и др.

### **Требования, предъявляемые к антипиренам:**

- Препятствовать горению и тлению защищаемого материала.
- Не вызывать коррозии металлических частей.
- Долговременность действия.
- Не повышать гигроскопичных свойств защищаемого материала.
- Не влиять на внешний вид изделий, подвергнутых обработке.
- Обеспечивать биостойкость пропитываемого материала.
- Не создавать затруднений при механической обработке материала.

Способ введения антипиренов в огнезащитные составы зависит от типа защищаемого материала. На поверхность металла наносят краску, древесину либо пропитывают раствором антипирена, либо тоже наносят на её поверхность краску, содержащую антипирен.

Наиболее эффективными и поэтому широко применяемыми антипиренами для огнезащитных составов являются полифосфат аммония, пентаэритрит, меламин, графит и др. В связи с тем что в России производство таких антипиренов не восполняет внутренние потребности, на нашем рынке представлены продукты европейского и китайского производства. Ряд антипиренов, напротив, производится преимущественно в Российской Федерации, например, хлорид магния (бишофит). Установлено, что обработанные раствором бишофита древесные материалы длительное время сохраняют высокую огнестойкость, это объясняется тем, что

поверхностная огнезащитная пропитка затрудняет распространение пламени по поверхности древесины и изделий из нее.

Пропитка древесины составом, содержащим бишофит:

- затрудняет распространение пламени по поверхности древесины (тем самым облегчает пожаротушение);
- в ряде случаев исключает возможность возникновения пожара от действия малокалорийных источников зажигания (пламени спички, окурка, искр КЗ и электросварки и др.);
- увеличивает срок службы древесины;
- не ухудшает, а наоборот увеличивает эксплуатационные свойства материала.

Бишофит, по способу введения можно назвать универсальным антипиреном, т.к., кроме пропитки, его можно вводить в состав материала, например, при использовании магнезиального вяжущего.

При этом часть бишофита будет израсходована на формирование неорганического полимера – цементного камня, а оставшаяся, не вступившая в реакцию полимеризации с оксидом магния, будет вступать в качестве антипирена, способного снижать горючесть наполнителей (древесины, торфа) и тем самым повышать огнестойкость материала, которая позволяет сохранить работоспособность в течение заданного времени.

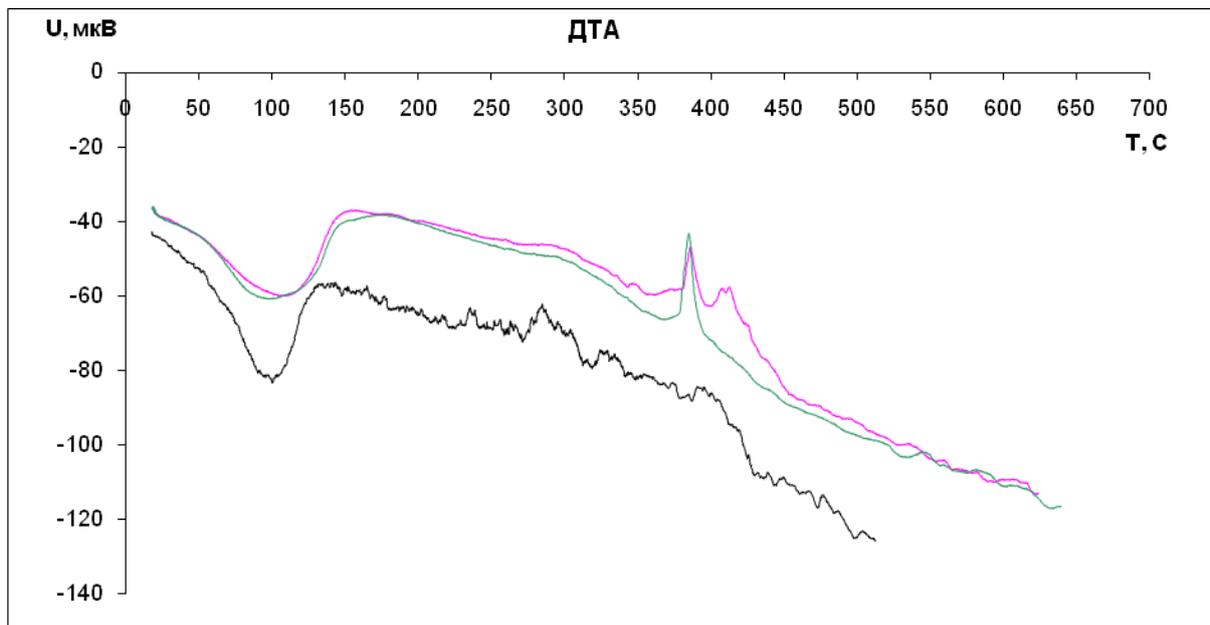


Рис.1. Термограмма верхового торфа различных районов Ивановской области

На первом этапе (рис. 1) до 120-140<sup>0</sup>С удаляется основная масса воды. Далее следует этап до 320-330<sup>0</sup>С, характеризующийся небольшим тепловыделением. На следующем этапе в интервале температур от 320-330<sup>0</sup>С до 500<sup>0</sup>С происходит процесс активного горения торфа с максимальным тепловыделением до образования сухого минерального остатка.

Применение добавок (антипиренов), снижающих горючесть материала, затрудняющих его воспламенение и замедляющих процесс

распространения пламени, в настоящее время является актуальным. Учитывая ранее полученные результаты исследования процессов термоокисления строительных материалов на основе магнезиального вяжущего, содержащего органический наполнитель [6] можно сделать вывод, что для строительных материалов на основе магнезиального вяжущего с наполнителем органического происхождения (торф, древесина) целесообразно для повышения огнезащитных свойств введение добавок хлористого магния.

**Библиография**

1. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53292-2009. «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».
4. Ломакин С.М. Замедлители горения для полимеров / С.М. Ломакин, Г.Е. Заиков, А.К. Макитаев / Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - №7. - С. 71 – 86.
5. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие / С.В. Собурь. - М.: ПожКнига, 2014. – С. 256.
6. Недайводин Е.Г. Термохимическое исследование пиролиза верхового торфа / Е.Г. Недайводин, А.В. Петров, Н.Ш. Лебедева // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. - №2. – С. 17.

**References**

1. SNiP 21-01-97 «Pozharnaya bezopasnost' zdanij i sooruzhenij».
2. Federal'nyj zakon ot 22.07.2008 N 123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti».
3. Nacional'nyj standart RF GOST R 53292-2009. «Ognezashchitnye sostavy i veshchestva dlya drevesiny i materialov na ee osnove. Obshchie trebovaniya. Metody ispytaniy».
4. Lomakin S.M. Zamedliteli goreniya dlya polimerov / S.M. Lomakin, G.E. Zaikov, A.K. Makitaev / Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. - 2012. - №7. - S. 71 – 86.
5. Sobur' S.V. Ognezashchita materialov i konstrukcij: Uchebno-spravochnoe posobie / S.V. Sobur'. - M.: PozhKniga, 2014. – S. 256.
6. Nedajvodin E.G. Termohimicheskoe issledovanie piroliza verhovogo torfa / E.G. Nedajvodin, A.V. Petrov, N.SH. Lebedeva // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. – 2016. - №2. – S. 17.

## **TO THE QUESTION OF THE FIRE RESISTANCE OF CONSTRUCTION MATERIALS BASED ON MAGNESIA BINDER**

*The paper discusses the statistics of fires, the main causes of fires. Special substances – fire retardants are used to improve safety of construction materials. There are various types of flame retardants and requirements to them. Also examines the ways to include flame retardants into materials. Determined that bischofite is the best flame retardant for materials based on magnesia cement with organic filler. The thermogram of Ivanovo peat is obtained.*

**Key words:** *Fire safety, building material, fire hazard, flame retardants, safety, bischofite, fire resistance, wood, peat.*

**Лебедева Наталья Шамильевна,**

*профессор кафедры естественнонаучных дисциплин,*

*доктор химических наук, доцент,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново,*

**Lebedeva N.Sh.,**

*professor of the department of natural sciences,*

*doctor of chemical Sciences, associate professor,*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia.*

*Russia, Ivanovo.*

**Недайводин Евгений Геннадьевич,**

*адъюнкт адъюнктуры,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново,*

*e-mail: evgenij-161@yandex.ru,*

**Nedayvodin E.G.,**

*post-graduated student,*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia, 8-*

*962-356-50-56, evgenij-161@yandex.ru*

*Russia, Ivanovo.*

**Сухих Сергей Дмитриевич,**

*курсант факультета пожарной безопасности,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново,*

**Sukhikh S.D.,**

*cadet of the Fire Safety faculty,*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo.*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ВАРИАЦИОННЫХ ПРИНЦИПОВ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УСТРОЙСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

*С.А. Сазонова, Е.А. Сушко, С.Д. Николенко*

*Рассматривается последовательность формирования математических моделей потокораспределения для распределительных систем водоснабжения. Предполагается в случае возникновения пожара к таким системам подсоединять устройства пожаротушения, характеризующиеся существенными расходами воды на тушение пожара. Так как функционирующие системы водоснабжения претерпевают за период своей эксплуатации существенные изменения, связанные с присоединением новых потребителей или в связи с изменением параметрических характеристик при реконструкции, то требуется иметь текущую информацию о состоянии таких систем с целью проверки их готовности к применению в чрезвычайных ситуациях. Восполнить полную информацию о гидравлических системах представляется возможным с помощью численной реализации математических моделей потокораспределения, разработанных на основе вариационных принципов аналитической механики. Модели лежат в основе задачи статического оценивания состояния систем по данным манометрической съемки, позволяющей получать оперативную информацию о всех параметрах системы. С помощью такой информации возможно изменять параметры системы для обеспечения требуемых характеристик в местах присоединения устройств пожаротушения.*

**Ключевые слова:** *системы водоснабжения, пожарная безопасность, системы пожаротушения, математические модели, потокораспределение, вариационные принципы механики.*

**Введение.** При присоединении устройств пожаротушения к системам водоснабжения (СВС) наиболее актуальным является вопрос о способности таких систем обеспечить требуемые расходы воды в случае возникновения пожара на объектах любой сложности. Места присоединения таких устройств могут быть заранее определены, а также известны их технические характеристики, в первую очередь - требуемые расходы воды. В реальных условиях конфигурация и состав СВС претерпевают постоянные изменения по причине присоединения новых потребителей, изменения режимов потребления, введения резервных участков при проведении реконструкции СВС и в силу иных обстоятельств. В реальных условиях значения запроектированных параметров СВС в местах присоединения устройств пожаротушения также меняются.

Так как нагрузка на систему в большинстве случаев увеличивается при присоединении новых потребителей без проведения необходимой реконструкции системы с целью увеличения ее мощности, то в итоге это может привести к уменьшению объема потребления воды в случае чрезвычайной ситуации, то есть при возникновении пожара. Это в свою очередь может привести к невозможности оперативного тушения очага возгорания, что приведет к осложнению или невозможности своевременной эвакуации людей, а

также приведет к человеческим жертвам и существенным экономическим потерям. Усугубить ситуацию, дополнительно понизив напор в СВС, могут так же утечки [1], объемы которых для распределительных систем водоснабжения населенных пунктов, по данным статистики могут принимать весьма существенные значения.

Произвести расчеты по определению для функционирующей СВС объемов воды в местах подключения устройств пожаротушения, а также по изменению параметров системы при проведении реконструкции можно с помощью математических моделей потокораспределения, полученных на основе применения вариационного вычисления при численной реализации моделей. Полученная таким образом информация может быть использована лицом, принимающим решение при управлении функционированием СВС.

Модели потокораспределения [2] будем формировать на основе применения энергетического эквивалентирования [3] для гидравлических систем (ГС). Основные обозначения в моделях будем применять в соответствии с [2]. Модели потокораспределения необходимы для численной обработки информации [4], полученной при проведении технической диагностики [5], в рамках решения задачи статического оценивания состояния ГС [6], позволяющей восполнить полную информацию о

параметрах функционирующей системы. При реализации задачи технической диагностики дополнительно потребуется реализовать задачу информационно-безопасности [7, 8].

**Постановка задачи.** Рассмотрим формирование математических моделей потокораспределения в транспортных гидравлических системах, связанное с решением вариационной задачи на основе интегральных вариационных принципов аналитической механики.

В принципе У. Гамильтона - М.В.

$$\delta \int_{\tau_0}^{\tau_1} (T - U + \sum_i P_i q_i) d\tau = 0, \quad (1)$$

где:  $q_i$  - обобщенная координата,  $P_i$  - действующая сила.

Стационарность интеграла (1) можно

$$P_i = -\frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial q_i} - \frac{d}{d\tau} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right). \quad (2)$$

На основе расширенного вариационного принципа наименьшего действия (1) можно сформировать модели потокораспределения в ГС. В этом случае следует рассматривать расчетную зону (РЗ) исследуемого объекта - то есть некоторый фрагмент метасистемы, имеющей энергоузлы (ЭУ), через которые выполняется обмен целевым продуктом между ними и всей системой.

В структурный состав РЗ входят соответствующие: источники, потребители и транспортные участки, соединяемые между собой в узлах. Вблизи узлов, а также у источников и мест присоединения потребителей размещены арматура и регуляторы, коэффициенты гидравлических сопротивлений которых могут считаться в общем случае зависящими от времени. На участках следует учесть наличие встроенных в них перекачивающих устройств. На рассмотренном фрагменте системы ЭУ обозначим  $J_{\pi(f)}^z \cup J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(q)}^z \cup J_{\eta(f)}^z$ . В РЗ будут содержаться подмножества  $J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(q)}^z \cup J_{\eta(f)}^z$  потребителей и  $J_{\pi(f)}^z$  источников. В рассмотренном фрагменте системы имеют место энергетически нейтральные узлы и ветвления  $J_{\chi}^z$ .

Можно условно разделить на искомые и заданные следующие гидравлические

Остроградского [9] основным параметром является функция ( $H$ ), в которой отображена разность между потенциальной ( $U$ ) и кинетической ( $T$ ) энергиями системы. Функцию ( $H$ ) Г. Гельмгольц [10] называет кинетическим потенциалом.

Чтобы для немеханических систем обобщить принцип У. Гамильтона - М.В. Остроградского, Г. Гельмгольц добавляет сумму работ внешних сил к кинетическому потенциалу. В результате расширенный вариационный принцип наименьшего действия в [9] записан в виде:

получить путем варьирования  $q_i$ . После преобразований получаем уравнения Ж. Лагранжа второго рода:

параметры: изменения давления на ветвях  $h$ , потенциалы в узлах  $H$ , расходы среды на ветвях  $Q$  или отборы в узлах  $q$ . К параметрам ГС следует относить и температуру, однако здесь она для транспортируемой и окружающей среды предполагается везде одинаковой, и таким образом течение будем считать изотермическим.

Для ГС объем столба жидкости для каждого элемента системы принято считать циклическими координатами. При этом под скоростями изменения циклических координат будем понимать объемные расходы среды  $q$  и  $Q$ . Данные параметры определяют стационарный режим течения целевого продукта в системе. Для нестационарного режима учитываются также параметры,  $s(\tau)$  и  $\dot{Q} = dQ/dt$ .

В любом элементе следует учесть поверхностные силы: давление источников  $H_j$ ,  $j \in J_{\pi(f)}^z$ ; противодействие стоков  $H_j$ ,  $j \in J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(q)}^z \cup J_{\eta(f)}^z$ ; силы трения на  $n$  участках исследуемого фрагмента системы (ИФС)  $i \in I^z$ , а также массовые и инерционные объемные силы. Конфигурация, метрические характеристики и взаимосвязи элементов ИФС заранее известны.

**Формулировка вариационной задачи.**

Сформулируем вариационную задачу для СВС:

$$\begin{aligned} & \delta \int_{\tau_1}^{\tau_2} \left\{ \sum_{i \in I^z} \frac{\rho l_i Q_i^2}{F_i} - \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{j \in J_{\pi(f)}^z} \int_0^{q_j} (Z_j + H_j) dq_j \right] d\tau + \right. \\ & + \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{j \in J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(f)}^z} \int_0^{q_j} (Z_j + H_j) dq_j \right] d\tau + \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{i \in I^z} \int_0^{Q_i} s_i Q_i^\alpha dQ_i \right] d\tau + \\ & + \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{j \in J_{\pi(f)}^z} \lambda_j \left( q_j + \sum_{i \in I_j^z} \text{sgn}(Q_{ij}) Q_{ij} \right) \right] d\tau + \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{j \in J_{\chi}^z} \lambda_j \left( \sum_{i \in I_j^z} \text{sgn}(Q_{ij}) Q_{ij} \right) \right] d\tau + \\ & \left. + \rho g \int_0^{\tau} \left[ \sum_{j \in J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(f)}^z} \lambda_j \left( \sum_{i \in I_j^z} \text{sgn}(Q_{ij}) Q_{ij} - q_j \right) \right] d\tau \right\} d\tau = 0. \quad (3) \end{aligned}$$

Стоящие на первом месте слагаемые в (3) отображают кинетическую энергию фрагмента системы. Вторая группа слагаемых отражает работу внешних сил, действующих на систему. Третья группа моделирует энергоотток потребителям. Четвертая группа учитывает диссипацию энергии за счет внешних сил трения, которые для неконсервативных систем обычно относят к активным силам, определяемым из эмпирических

соотношений. Остальные группы слагаемых обеспечивают условия сплошности среды для узлов смешения, а также разделения потоков.

Уравнения движения системы могут быть получены после подстановки подынтегральной функции в соотношения (1). После преобразования два первых члена в правой части пропадут, в итоге уравнения движения преобразуются к виду:

$$P_i + \frac{d}{d\tau} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \lambda_{i,j} + \lambda_{i,j+1} = 0. \quad (4)$$

Обозначения в (4) аналогичны (1), за исключением второго индекса у неопределенных множителей  $\lambda$ , который соответственно обозначает входной и выходной узлы структурного элемента системы.

Если вместо  $\dot{q}_i$  использовать традиционное обозначение расхода на участке  $Q_i$ , то после дифференцирования кинетической энергии по скорости получим выражение

$$\frac{d}{d\tau} \left[ \frac{\partial}{\partial Q_i} \left( m_i \frac{w_i^2}{2} \right) \right] = \rho g \frac{d}{d\tau} \left[ \frac{\partial}{\partial Q_i} \left( \frac{L_i Q_i^2}{g F_i} \right) \right] = \rho g \frac{L_i}{g F_i} \frac{dQ_i}{d\tau} = \rho g h_i^{ин};$$

где  $h_i^{ин}$  - инерционный член,  $m_i$  - масса столба жидкости в полости трубопровода,  $w_i = w(\tau)$  - скорость потока.

Из (4), учитывая каждую переменную, получим для СВС с возможностью присоединения устройств пожаротушения

$$\left. \begin{aligned} s_i Q_i + \frac{L_i}{g F_i} \frac{dQ_i}{d\tau} - \lambda_{i,j} + \lambda_{i,j+1} &= 0, & i \in I^{zr}; \\ (Z_j + H_j) - \lambda_j &= 0, & j \in J^z \setminus J_{\pi(f)}^z; \\ [Z_j + H_j(q_j)] - \lambda_j &= 0, & j \in J_{\pi(f)}^z; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

В (5) неопределенные множители являются узловыми потенциалами, а отдельно взятое в них соотношение является уравнением И. Бернулли, являющееся экстремалью вариационных задач (3).

**Модель неустановившегося потокораспределения.** Для того чтобы получить

модель неустановившегося потокораспределения, необходимо объединить подсистемы цепных и контурных уравнений и дополнить их условиями неразрывности. В результате получим систему уравнений в следующей векторно-матричной форме

$$[C_{p \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}^{(k)}] + [E_{n(d)}] \times [\dot{Q}_{n \times 1}^{(k)}] = [M_{p \times e}^t] \times [\hat{H}_{e \times 1}^{(k)}], \quad (6)$$

$$[K_{r \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}^{(k)}] + [E_{n(d)}] \times [\dot{Q}_{n \times 1}^{(k)}] = [0_{r \times 1}], \quad (7)$$

$$[A_{m \times n}] \times [Q_{n \times 1}^{(k)}] = [\hat{q}_{m \times 1}^{(k)}], \quad (8)$$

где:  $n = \{I^{zr}\}$ ;  $m = \{J^{zr} \cup J_{\chi}^z\}$ ;  $= \{J_{\pi(P)}^z \cup J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(f)}^z\}$  - число узлов, в которых значения потенциалов являются исходной информацией;  $p$  - количество цепей ( $p = e - 1$ );  $R_i = s_i |Q_i|^{\alpha-1}$  - диагональная матрица, в которой  $s_i$  - гидравлическое сопротивление участка  $i$ ;  $E_i = (\rho L_i / g F_i)$  - индуктивность для гидравлических систем.

$J_{\pi(f)}^z \cup J_{\eta(P)}^z \cup J_{\eta(f)}^z$  справедливы для всех узлов ИФС, а их количество  $(p+1+m)$  соответствует числу контуров ( $r$ ) и равняется числу участков ( $n$ ) для плоских графов в соответствии с соотношением Л. Эйлера.

**Модель установившегося потокораспределения** Из (6)-(8) получим математическую модель установившегося потокораспределения путем исключения зависящих от времени соотношений.

Система уравнений (6)-(8) является замкнутой, так как подмножества  $J_{\eta(i)}^z \cup J_{\chi}^z$

$$[C_{p \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}] = [M_{p \times e}^t] \times [\hat{H}_{e \times 1}], \quad (9)$$

$$[K_{r \times n}] \times [R_{n(d)}] \times [Q_{n \times 1}] = [0_{r \times 1}], \quad (10)$$

$$[A_{m \times n}] \times [Q_{n \times 1}] = [\hat{q}_{m \times 1}]. \quad (11)$$

В модели (9)-(11) устройства пожаротушения учитываются как дополнительные потребители, присоединенные к энергоузлам, имеющие характеристики применяемых для пожаротушения устройств.

Для систем теплоснабжения аналогично разработаны в работе [2] соответствующие математические модели потокораспределения, в которой подробно приведены все обозначения для рассмотренных моделей.

### Библиография

1. Квасов И.С., Панов М.Я., Сазонова С.А. Диагностика утечек в трубопроводных системах при неплотной манометрической съемке / И.С. Квасов, М.Я. Панов, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 1999. - №9. - С. 66-70.
2. Сазонова С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.
3. Сазонова С.А., Манохин В.Я., Манохин М.В. 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.
4. Сазонова С.А., Николенко С.Д., Манохин В.Я., Манохин М.В. Численная апробация математических моделей мониторинга безопасного функционирования систем газоснабжения / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, В.Я. Манохин, М.В. Манохин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2016. - № 1 (35). - С. 255-264.
5. Сазонова С.А., Сушко Е.А. Разработка методов и алгоритмов технической диагностики и обеспечение безопасности систем пожаротушения, тепло-, водо-, газоснабжения и промышленных технологических трубопроводов / С.А. Сазонова, Е.А. Сушко // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2017. - № 2 (23). - С. 40-45.
6. Квасов И.С., Панов М.Я., Сазонова С.А. Статическое оценивание состояния трубопроводных систем на основе функционального эквивалентирования / И.С. Квасов, М.Я. Панов, С.А. Сазонова // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2000. - №4. - С. 100-105.
7. Жидко Е.А. Методология формирования системы измерительных шкал и норм

**Вывод.** Рассмотренные модели потокораспределения, полученные на основе применения вариационных принципов аналитической механики, необходимы при решении прикладных задач оценивания состояния для восполнения полной информации о текущем состоянии СВС с целью обеспечения лицом, принимающим решения, требуемых мощностей, присоединенных к ней устройств пожаротушения.

### References

1. Kvasov I.S., Panov M.YA., Sazonova S.A. Diagnostika utechek v truboprovodnyh sistemah pri neplotnoj manometricheskoj s'emke / I.S. Kvasov, M.YA. Panov, S.A. Sazonova // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. - 1999. - №9. - S. 66-70.
2. Sazonova S.A. Itogi razrabotok matematicheskikh modelej analiza potokoraspredeleniya dlya sistem teplosnabzheniya / S.A. Sazonova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2011. - T. 7. - № 5. - S. 68-71.
3. Sazonova S.A., Manohin V.YA., Manohin M.V. Obespechenie bezopasnosti funkcionirovaniya truboprovodnyh sistem pri realizacii matematicheskikh modelej na osnove funkcional'nogo ehkvivalentirovaniya / S.A. Sazonova, V.YA. Manohin, M.V. Manohin // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2015.- № 2 (15). - S. 32-36.
4. Sazonova S.A., Nikolenko S.D., Manohin V.YA., Manohin M.V. CHislennaya aprobaciya matematicheskikh modelej monitoringa bezopasnogo funkcionirovaniya sistem gazosnabzheniya / S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, V.YA. Manohin, M.V. Manohin // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2016. - № 1 (35). - S. 255-264.
5. Sazonova S.A., Sushko E.A. Razrabotka metodov i algoritmov tekhnicheskoy diagnostiki i obespechenie bezopasnosti sistem pozharotusheniya, teplo-, vodo-, gazosnabzheniya i promyshlennyh tekhnologicheskikh truboprovodov / S.A. Sazonova, E.A. Sushko // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. - 2017. - № 2 (23). - S. 40-45.
6. Kvasov I.S., Panov M.YA., Sazonova S.A. Stichesкое ocenivanie sostoyaniya truboprovodnyh sistem na osnove funkcional'nogo ehkvivalentirovaniya / I.S. Kvasov, M.YA. Panov, S.A. Sazonova // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2000. - №4. - S. 100-105.
7. ZHidko E.A. Metodologiya formirovaniya sistemy izmeritel'nyh shkal i norm informacionnoj bezopasnosti ob"ekta zashchity / E.A. ZHidko // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2015. - № 2 (97). - S. 17-22.
8. ZHidko E.A., Kolotushkin V.V., Solov'eva

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

8. Жидко Е.А., Колотушкин В.В., Соловьева Э.В. Теоретические основы проектирования и конструкции жидкостных пылеулавливающих устройств / Е.А. Жидко, В.В. Колотушкин, Э.В. Соловьева // Безопасность труда в промышленности. - 2004. - №2. - С.8–11.

9. Гамильтон У. Об общем методе динамики / У. Гамильтон // Вариационные принципы механики: Сб. статей под ред. Л.С. Полака - М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1959. - С. 175-233.

10. Гельмгольц Г.О физическом значении принципа наименьшего действия / Г. Гельмгольц // Вариационные принципы механики: Сб. статей под ред. Л.С. Полака. - М.: Изд-во физ.-мат. лит., 1959. - С. 430 - 459.

ЕН.В. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya i konstrukcii zhidkostnyh pyloulavlivayushchih ustrojstv / E.A. ZHidko, V.V. Kolotushkin, EN.V. Solov'eva // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. - 2004. - №2. - S.8–11.

9. Gamil'ton U. Ob obshchem metode dinamiki / U. Gamil'ton // Variacionnye principy mekhaniki: Sb. statej pod red. L.S. Polaka - M.: Izd-vo fiz.-mat. lit., 1959. - S. 175-233.

10. Gel'mgol'c G.O fizicheskom znachenii principa naimen'shego dejstviya / G. Gel'mgol'c // Variacionnye principy mekhaniki: Sb. statej pod red. L.S. Polaka. - M.: Izd-vo fiz.-mat. lit., 1959. - S. 430 - 459.

## **SIMULATION ON THE BASIS OF VARIATIONAL PRINCIPLES OF THE ANALYTICAL MECHANICS OF MATHEMATICAL MODELS OF DISTRIBUTION IN WATER SUPPLY SYSTEMS BY CONNECTING FIRE EXTINGUISHING DEVICES**

*The sequence of formation of mathematical models of flow distribution for distribution systems of water supply is considered. It is assumed, in the event of a fire, to connect to such systems fire extinguishing devices, characterized by a significant expenditure of water for extinguishing the fire. Since functioning water supply systems undergo significant changes during their operation due to the accession of new consumers or due to changes in the parametrical characteristics during the reconstruction, it is required to have current information on the status of such systems in order to check their readiness for use in emergency situations. It is possible to complete the complete information on hydraulic systems with the help of numerical realization of mathematical flow distribution models developed on the basis of the variational principles of analytical mechanics. Models underlie the task of static estimation of the state of systems based on the data of a manometric survey, which allows obtaining on-line information about all parameters of the system. With the help of such information it is possible to change the system parameters to provide the required characteristics in the places of connection of fire extinguishing devices.*

**Keywords:** *water supply systems, fire safety, firefighting systems, mathematical models, flow distribution, variational principles of mechanics.*

**Сазонова Светлана Анатольевна,**

*доцент, к.т.н.,*

*доцент кафедры пожарной и промышленной безопасности,*

*Воронежский государственный технический университет,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru,*

**Sazonova S.A.,**

*Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof.,*

*Voronezh State Technical University,*

*Russia, Voronezh.*

**Сушко Елена Анатольевна,**

*доцент, к.т.н.,*

*заведующая кафедрой пожарной и промышленной безопасности,*

*Воронежский государственный технический университет,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: u00075@vgasu.vrn.ru,*

**Sushko E.A.,**

*Cand. Tech. Sci., Head. of Dept. of Fire and Industrial Safety,*

*Voronezh State Technical University,*

*Russia, Voronezh,*

**Николенко Сергей Дмитриевич,**

*доцент, к.т.н.,*

*профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности,*

*Воронежский государственный технический университет,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru,*

**Nikolenko S.D.,**

*Cand. Tech. Sci., Prof.,*

*Voronezh State Technical University,*

*Russia, Voronezh.*

**ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ КОНСТРУКЦИЙ ОТ СКРЫТЫХ ОЧАГОВ ПОЖАРА****Д.В. Флегонтов, М.В. Акулова, Е.Г. Родионов**

*Современные подходы к установлению очага скрытого пожара в настоящее время достаточно неоднозначны и выбор той или иной методики осуществляется непосредственно экспертом. В данной статье рассмотрены проблемы обнаружения повреждений конструкций от скрытых очагов пожара. Проанализированы методологии их обнаружения. Выявлена и обоснована необходимость разработки комплексной методики, которая применима для установления очага латентного пожара, а также применима для оценки возможности дальнейшего применения строительной конструкции.*

**Ключевые слова:** методология, повреждения конструкций, скрытый пожар, термогравиметрия.

Пожар, как один из видов стихийного воздействия, часто приводит к гибели людей и наносит значительный материальный ущерб. Пожар характеризуется нагревом конструкций от высокой температуры. Своевременное и правильное установление причины пожара позволяет дать качественную оценку поврежденным строительным конструкциям и установить возможность их дальнейшего использования. Некоторые скрытые пожары происходят внутри строительной конструкции и обнаруживаются лишь при их сильном повреждении. В настоящее время для изготовления несущих конструкций используются в основном неорганические строительные материалы на основе цементного связующего [6]. При высокотемпературном нагреве бетонный камень теряет гидратную воду и разрушается.

Латентные пожары опасны тем, что, как правило, тушение пожара производится работниками организации без участия сотрудников МЧС России, что приводит к невозможности оценки степени повреждения объекта. Невозможность оценки степени повреждения здания может привести к обрушению его конструкций в момент нахождения в нем людей, что, соответственно, может привести к необратимым последствиям. Решение комплексной задачи по своевременному обнаружению скрытых очагов пожара и увеличению огнестойкости конструкций является актуальным.

Для получения ответов на вопросы в области установления очага пожара на практике применяются разнообразные методы. Предварительную оценку прочности бетонных конструкций в тех или иных зонах пожара в работах [3-5] рекомендуют проводить с помощью эталонного молотка Кашкарова (ГОСТ 22690.2), склерометра Шмидта или аналогичных инструментов (молотка Фидзеля, приборов типа ХПС и КМ с шариковым наконечником). Однако их применение не всегда целесообразно, в связи с тем, что данный метод работает с наружным слоем строительной конструкции, который подвергается

ремонтно-восстановительным работам после пожара.

Более точными являются аналитические методы (ИК-спектроскопия, газовая и тонкослойная хроматография, ультразвуковая дефектоскопия) установления очага пожара, однако они не позволяют провести исследования в полном объеме ввиду ограниченной возможности работы, но могут дать общую картину места предположительного очага скрытого пожара. Наиболее полную картину должен дать комплексный метод, включающий получение первичных физических, физико-механических характеристик методами неразрушающего контроля и отбор проб вещества для исследования с помощью метода синхронного термического анализа (далее СТА).

Исследование материалов с применением СТА позволяет определять их структуру и химический состав [1]. Оценка термической и химической устойчивости, динамики процессов разложения дает возможность как спрогнозировать поведение различных конструкционных материалов в условиях пожара, так и выявить температурные зоны пожара или преимущественное направление воздействия теплового потока.

Исследования образцов термически поврежденных бетонов методом термического анализа проводилось [2] при следующих условиях: в воздушной среде в интервале температур 30 – 1000°C со скоростью подъема температуры 5 – 20°C/мин, линейная скорость продувочного газа составляла 100 см<sup>3</sup>/мин, количество проводимых параллельных испытаний от трех до пяти, в зависимости от специфики исследуемого объекта. Исследование образцов показало, что в результате анализа полученных термограмм возможно установление структурных особенностей бетона, в анализе которых можно установить очаги теплового воздействия, время теплового воздействия и степени повреждений конструкций. Это в свою очередь дает возможность дать не только место возникновения пожара, но и информацию о возможности дальнейшей эксплуатации поврежденных конструктивных элементов.

**Библиография**

1. Специальные инструментальные методы и средства обеспечения предварительного и экспертного исследования объектов пожарно-технической экспертизы: Пособие. - М.: ЭКЦ МВД России, 2005 г. - 112 с.
2. Плотникова Г.В., Дашко Л.В., Ключников В.Ю., Синюк В.Д. Применение методов термического анализа при исследовании цементного камня / Г.В. Плотникова, Л.В. Дашко, В.Ю. Ключников, В.Д. Синюк // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России.- №2 (73). - 2015.
3. Кузнецова И.С. Прочность и деформативность железобетонных конструкций, поврежденных пожаром: автореф. дис. ... канд. тех. н., 1999.
4. Методические рекомендации по оценке свойств бетона после пожара. - М.: НИИЖБ ИТБ, 1985.
5. Ключников В.Ю., Дашко Л.В., Довбня А.В., Пеньков В.В. Информационное письмо. «Применение синхронного термического анализа при производстве пожарно-технических экспертиз» / В.Ю. Ключников, Л.В. Дашко. - М.: ЭКЦ МВД России, 2011.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Кошкиarov С.А., Метелева О.В. Теоретические основы тепломассопереноса в перспективных технологиях производства материалов текстильной и строительной отраслей промышленности / С.В. Федосов, М.В. Акулова, С.А. Кошкиarov, О.В. Метелева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2015. - № 6 (360). - С. 157 - 161.

**References**

1. Special'nye instrumental'nye metody i sredstva obespecheniya predvaritel'nogo i ehkspertnogo issledovaniya ob"ektov pozharno-tekhneskoj ehkspertizy: Posobie. - М.: ЕHKC MVD Rossii, 2005 g. - 112 s.
2. Plotnikova G.V., Dashko L.V., Klyuchnikov V.YU., Sinyuk V.D. Primenenie metodov termicheskogo analiza pri issledovanii cementnogo kamnya / G.V. Plotnikova, L.V. Dashko, V.YU. Klyuchnikov, V.D. Sinyuk // Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii.- №2 (73). - 2015.
3. Kuznecova I.S. Prochnost' i deformativnost' zhelezobetonykh konstrukcij, povrezhdennykh pozharam: avtoref. dis. ... kand. tekhn. n., 1999.
4. Metodicheskie rekomendacii po ocenke svojstv betona posle pozhara. - М.: NIIZHB ITB, 1985.
5. Klyuchnikov V.YU., Dashko L.V., Dovbnya A.V., Pen'kov V.V. Informacionnoe pis'mo. «Primenenie sinhronnogo termicheskogo analiza pri proizvodstve pozharno-tekhneskich ehkspertiz» / V.YU. Klyuchnikov, L.V. Dashko. - М.: ЕHKC MVD Rossii, 2011.
6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Koksharov S.A., Meteleva O.V. Teoreticheskie osnovy teplomassoperenosa v perspektivnykh tekhnologiyah proizvodstva materialov tekstil'noj i stroitel'noj otraslej promyshlennosti / S.V. Fedosov, M.V. Akulova, S.A. Koshkarov, O.V. Meteleva // Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. - 2015. - № 6 (360). - S. 157 - 161.

## ESTIMATION OF DAMAGE TO STRUCTURES FROM THE HIDDEN FIRE OF FIRE

*This article studies the problems of discovering structural damage caused by hidden fire sources. The methods and ways of discovering it have been analyzed. It has been proven that it is necessary to develop an overall methodology which can be used to discover a hidden fire source and also applicable to assess the possibility of further use of the building structure.*

**Keywords:** methodology, damaged structures, hidden fire, thermogravimetry.

**Флегонтов Денис Вячеславович,**

*Адъюнкт, направленность «Пожарная и промышленная безопасность»,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново,*

*E-mail: den.flegontov@yandex.ru,*

**Flegontov D.V.,**

*Adjunct,*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo.*

**Акулова Марина Владимировна,**

*доктор технических наук, профессор,*

*заведующий кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и*

*технологических комплексов,*

*Ивановский государственный политехнический университет,*

**Aculova M.V.,**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*Head of the Department of Building Materials Science, Special Technologies and*

*Technological Complexes,*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo.*

**Родионов Евгений Григорьевич,**

*кандидат технических наук, доцент,*

*заместитель начальника кафедры пожарной безопасности объектов защиты в*

*составе УНК «Государственный надзор»,*

*Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Иваново,*

**Rodionov E.V.,**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*Deputy Head of the Department of Fire Safety of Protection Facilities in the Unitary*

*Enterprise «State Supervision»*

*Ivanovo Fire And Rescue Academy of The State Fire Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Ivanovo.*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАПЫЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТРУБОПРОВОДЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

*А.Ю. Андрюшкин, Е.Н. Кадочникова*

*Рассмотрены дефекты полимерных покрытий трубопроводов для транспортировки углеводородов и причины их появления. Проведен анализ технологических мер по обеспечению высокого качества полимерных покрытий при напылении.*

**Ключевые слова:** покрытие, напыление, автоматизация, трубопровод, углеводороды.

В настоящее время широкое распространение в качестве антикоррозионной и теплоизоляционной защиты стальных трубопроводов для транспортировки углеводородов получили напыленные полимерные покрытия.

Наиболее значимыми причинами снижения качества напыленных полимерных покрытий являются возникновение и развитие дефектов из-за существенной разнотолщинности покрытий, что в свою очередь обусловлено технологией нанесения и сложной геометрической конфигурацией поверхностей трубопровода, а также температурных перепадов, возникающих при его эксплуатации.

Основным материалом для изготовления труб являются углеродистые стали, которые подвержены коррозии из-за воздействия окружающей среды. Развитие коррозии приводит к возникновению различных дефектов в металле, в том числе таких опасных, как трещины, которые часто являются причиной потери герметичности трубопровода. Коррозионные процессы на стальных трубопроводах идут весьма интенсивно, поэтому проблема повышения их долговечности актуальна.

Для защиты от воздействий окружающей среды и теплоизоляции стальных трубопроводов

используют полимерные покрытия. Наиболее популярен технологический метод напыления, в силу своей экономичности и производительности [1-5].

Основные процессы по образованию неоднородности состава и структуры полимерного покрытия происходят на этапах напыления, перемешивания и отверждения компонентов полимерной массы.

Одним из таких важных факторов является конфигурация наружной поверхности трубопровода, которая существенно изменяется по длине трубопровода. Например, отводы, тройники и запорная арматура трубопроводов имеют сложную развитую поверхность различной кривизны, что приводит к разнотолщинности полимерного покрытия.

При неблагоприятном сочетании технологических параметров и факторов полимерное покрытие на некоторых участках имеет существенную неоднородность по структуре покрытия и значительные различия по составу компонентов покрытия, что в течение времени и под влиянием внешних воздействий приводит к возникновению и развитию различных дефектов (таблица 1) [2-5].

Таблица

**Соотношение видов дефектов полимерных покрытий**

№ п/п	Вид дефекта	кол-во дефектов, %
1	отслаивание	17
2	вздутия	6
3	трещины	35
4	наплывы	12
5	локальное уменьшение толщины покрытия	3
6	локальное увеличение толщины покрытия	7
7	отсутствие диэлектрической сплошности	13
8	сколы и сдир изоляции	4
9	иные дефекты	3

*Разнотолщинность полимерного покрытия.* При напылении полимерных покрытий на стальной трубопровод наблюдается существенная разнотолщинность покрытия на различных участках. Минимальная толщина

напыленного полимерного покрытия имеет место быть на острых кромках, ребрах жесткости, в зонах сварных швов, а максимальная - на вогнутых участках, в углублениях, карманах и застойных зонах. Если на определенном участке толщина

полимерного покрытия меньше нормативного значения, то его толщину увеличивают до значений, установленных техническими требованиями, нанося дополнительные слои покрытия. Максимальная толщина напыленного полимерного покрытия на отдельных участках изделия может значительно превышать нормативные значения и достигать 8-12 мм.

Стальной трубопровод имеет весьма сложную геометрическую конфигурацию поверхностей, образованную сваренными между собой элементами трубопровода (рис. 1). Чем больше сварных элементов приходится на единицу длины трубопровода и чем больше переходов от одного диаметра к другому, тем значительнее разнотолщинность полимерного покрытия.

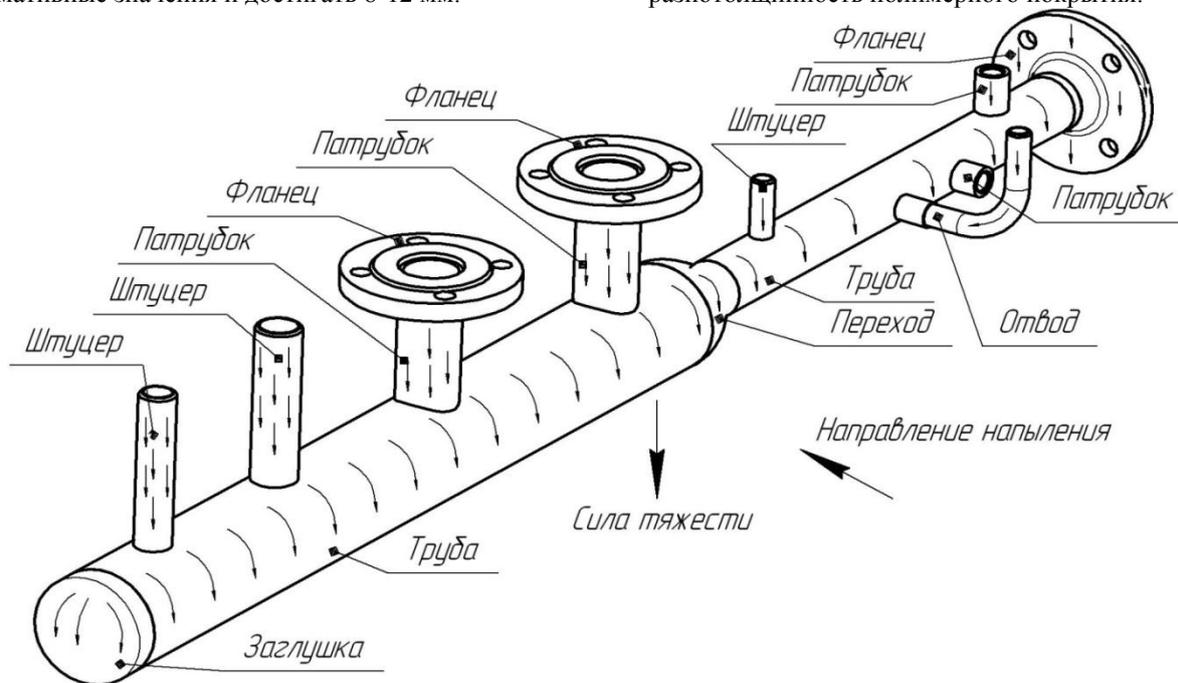


Рис. Перераспределение неотвержденной полимерной массы при напылении покрытия на трубопровод, стрелками показано направление перемещения полимерной массы

Разнотолщинность полимерного покрытия при напылении на трубопровод обусловлена двумя факторами:

- действие силы тяжести на неотвержденную полимерную массу приводит к перераспределению ее по поверхности трубопровода, то есть происходит стекание неотвержденной полимерной массы с вертикальных и наклонных стенок.
- сложная геометрическая конфигурация поверхностей, из-за чего распыленные частицы неравномерно наносятся на эти поверхности.

Снижение разнотолщинности полимерного покрытия возможно за счет изменения технологии напыления и отверждения полимерной массы:

- формирование из нескольких слоев

(послойное напыление);

- повышение дисперсности частиц полимерного покрытия;
- уменьшение пятна напыления факела распыления;
- ось распылителя должна быть перпендикулярна к напыляемой поверхности.

На участках трубопровода со сложной геометрической конфигурацией поверхностей из-за неблагоприятного сочетания технологических параметров напыления и внешних факторов толщина полимерного покрытия может в несколько раз превосходить номинальное значение, что приводит к резкому возрастанию внутренних напряжений в полимерном покрытии.

**Библиография:**

1. Демехин В.Н., Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник [Текст] / В.Н. Демехин и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 656 с.
2. ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные общие требования к защите от коррозии – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 43 с
3. Зиневич А.М. Антикоррозионные покрытия. [Текст] / А.М. Зиневич, А.А. Козловская – М.: Стройиздат, 1989. – 112 с.
4. Борисов Б.И. Защитная способность изоляционных покрытий подземных трубопроводов. [Текст] / Б.И. Борисов. – М.: Недра, 1987. – 123 с.
5. Протасов В.Н. Полимерные покрытия в нефтяной промышленности. [Текст] / В.Н. Протасов. – М.: Недра, 1985.

**References**

1. Demekhin V.N., Zdaniya, sooruzheniya i ih ustojchivost' pri pozhare: Uchebnik [Tekst] / V.N.Demekhin i dr. – M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2003. – 656 s.
2. GOST R 51164-98 Truboprovody stal'nye magistral'nye obshchie trebovaniya k zashchite ot korrozii – M.: Izd-vo standartov, 1998. – 43 s
3. Zinevich A.M. Antikorrozionnye pokrytiya. [Tekst] / A.M. Zinevich, A.A. Kozlovskaya – M.: Strojizdat, 1989. – 112 s.
4. Borisov B.I. Zashchitnaya sposobnost' izolacionnyh pokrytij podzemnyh truboprovodov. [Tekst] / B.I. Borisov. – M.: Nedra, 1987. – 123 s.
5. Protasov V.N. Polimernye pokrytiya v neftyanoj promyshlennosti. [Tekst] / V.N. Protasov. – M.: Nedra, 1985.

**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE DUSTING OF POLYMERIC COVERINGS ON PIPELINES FOR TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS**

*Considered defects polymeric covering pipe line for transportation hydrocarbon and reasons of their appearance. The Organized analysis of the technological measures on provision high quality polymeric covering at evaporation.*

**Keywords:** covering, evaporation, automation, pipe line, hydrocarbons

**Андрюшкин А.Ю.,**

*кандидат технических наук, доцент,*

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Россия, г. Санкт-Петербург,*

**Andryushkin A.Yu.,**

*candidate of the technical sciences, assistant professor,*

*Baltic state technical university «VOENMEH» named after D.F. Ustinov. Russia, Saint-Petersburg*

**Кадочникова Е.Н.,**

*кандидат технических наук,*

*Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Россия, г. Санкт-Петербург,*

**Kadochnikova E.N.,**

*candidate of the technical sciences,*

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

## ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСПИРАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ВЗРЫВОПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ И РАСЧЕТНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

*Е.В. Романюк, Д.В. Каргашилов, А.В. Федоров*

*В статье анализируется влияние организации системы аспирации пылегазовых потоков от станков механической деревообработки на взрывопожарную опасность помещения и расчетные значения пожарного риска. Обосновывается преимущество централизованной системы аспирации с точки зрения пожарной безопасности по сравнению с установкой локальных пылеулавливающих аппаратов путем расчета пожарного риска.*

**Ключевые слова:** *пожарный риск, система аспирации, система вентиляции, пылеулавливание, фильтр, циклон, взрывопожарная опасность.*

Согласно [1] исключение условий образования горючей среды должно обеспечиваться применением устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды. Таким устройством для производственных помещений, в которых обращается горючая пыль, является система аспирации. Статистические данные говорят о том, что 93,8 % промышленных взрывов происходит первоначально в технологическом оборудовании, в аспирационных системах, пылеосадительных установках. Воспламенение образовавшегося пылевоздушного облака приводит к вторичному, более мощному взрыву, что зачастую завершается разрушением строительных конструкций, помещений, а иногда и зданий. В 28 % случаев происходят повторные взрывы в объеме помещения цеха, при этом в процессе горения участвуют как продукты, выброшенные в помещение из технологического оборудования, так и продукты, находящиеся в виде пылеотложений на полу, стенах, потолке, поверхностях и других строительных конструкциях, элементах оборудования. Вышесказанное доказывает необходимость тщательного проектирования и контроля работы системы аспирации на производстве. Организация системы аспирации в свою очередь влияет на категорию взрывопожарной опасности производственного помещения и значение пожарного риска.

Влияние особенностей проектирования системы аспирации и расположения пылеуловителя на количественные характеристики оценки пожарной опасности рассмотрим на примере цеха механической деревообработки. Основная продукция деревообрабатывающего цеха – доски обшивки и пола, брусья, заготовки для мебели вагонов, а также новая мебель, двери, оконные рамы и другие узлы вагонов. Стадия механической

обработки древесины является одной из пожаровзрывоопасных и включает такие технологические операции, как пиление, строгание, фрезерование, точение, долбление, шлифовка. Основную пожарную опасность для цеха деревообработки представляет участок шлифовки древесины, на котором выделяется значительное количество высокодисперсной взрывоопасной пыли. Поступая в воздух помещения, пыль под воздействием силы тяжести оседает на строительных конструкциях, оборудовании, поверхностях пола, стен, потолков. В технологическом процессе обработки древесины выделение и накопление горючей пыли происходит при нормальной работе технологического оборудования, то есть в безаварийном режиме.

Сегодня популярным решением в области пылеулавливания является установка локальных пылеулавливающих аппаратов непосредственно у пылящего оборудования. Такие пылеуловители включают с себя, кроме собственно корпуса с фильтрующим элементом, тяго-дутьевое устройство, мешок-пылесборник, систему вытяжек с гофрированными трубопроводами. Одним из представителей таких аппаратов является «стружкоотсос» УВП – рис.1, который применяют на деревообрабатывающих предприятиях.

Существует мнение, что использование «стружкоотсоса» позволяет отказаться от обычной вытяжной вентиляции (аспирации). Учитывая характеристики данного пылеуловителя, УВП может быть использован только в помещении, что противоречит положениям [4], согласно которым пылеуловители для сухой очистки пылевоздушной смеси следует устанавливать вне производственных зданий или в отдельном помещении. Диапазон пылевых частиц, улавливаемых аппаратом, - от 5 мкм и крупнее, а ведь именно более высокодисперсные частицы представляют собой наибольшую взрывоопасность.



Рис.1. Пример установки локальных пылеуловителей УВП

Можно предположить, что при значении индивидуального пожарного риска выше нормативного значения установка локальных пылеуловителей влечет прямое неисполнение положений свода правил и, соответственно, положений Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1].

В соответствии с методикой определения категории производственного помещения [2] при

наличии в цеху «стружкоотсоса» следует рассматривать его как наиболее пылеемкий аппарат, а его разгерметизацию - как событие, инициирующее наиболее взрывопожароопасную ситуацию. С учетом представленных в таблице 1 данных производственного помещения, а также характеристик оборудования и пылегазового потока, аспирируемого УВП, определим категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности.

Таблица 1

**Характеристики помещения и оборудования**

№ п/п	Показатель	Единица измерения	Величина
1	Свободный объем помещения	м <sup>3</sup>	4492,8
2	Производительность УВП по пылегазовому потоку	м <sup>3</sup> /с	0,694
3	Объем пылесборника	м <sup>3</sup>	0,53
4	Плотность древесной пыли	кг/м <sup>3</sup>	180
5	Максимальный мгновенный выход (кг/час) пыли (расчет на сухую древесину при плотности 650 кг/м <sup>3</sup> ) при операции шлифования	кг/ч	0,0125
7	Содержание пыли в отходах при шлифовании древесины	%	90
8	Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии	кг	100

Учитывая, что пылеулавливающее оборудование устанавливается непосредственно в цеху и диапазон улавливаемых частиц согласно паспорту оборудования, масса пыли, отложившейся в помещении к моменту аварии, будет порядка 50

кг. Используя приведенные данные и формулы (А.17- А.21) [2], рассчитали массу взвешенной в объеме помещения пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, - 150 кг, а также избыточное давление взрыва по формуле (А.4) [2]

$$\Delta P = \frac{150 \cdot 20850000 \cdot 101 \cdot 1000 \cdot 0,5}{4492,8 \cdot 1,2 \cdot 1011 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 32 \text{ кПа} . \tag{1}$$

В соответствии с положениями [2] данное помещение будет относиться к категории Б – взрывопожароопасное.

При расчете значения индивидуального пожарного риска по [3] учитываем, что при рассмотрении сценариев, связанных со сгоранием пылевоздушной смеси в помещении категории А

или Б (в нашем случае – Б), условная вероятность поражения человека в этом помещении принимается равной 1 в данном помещении до завершения эвакуации людей. Это значит, что для помещений механической деревообработки величина потенциального пожарного риска, рассчитанная по формуле (3) [3], будет равна

$$P_1 = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{d1} = 0,6 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 4492,8 = 0,027 \tag{2}$$

Величина индивидуального пожарного риска для работника по формуле (9) [2] с учетом его

пребывания в цеху порядка 6,5 часов в 8-часовую рабочую смену (вероятность присутствия 0,82).

$$R_m = 0,027 \cdot 0,82 = 0,022 \quad (3)$$

Таким образом, значение пожарного риска превышает допустимое значение, приведенное в статье 6 [1]. Использование в качестве пылеуловителей локальных аппаратов с установкой их в цехах приводит к повышению пожарной опасности и необходимости разрабатывать и внедрять дополнительные дорогостоящие мероприятия по обеспечению безопасности.

Так как система аспирации в виде местных пылеулавливающих аппаратов представляет большую угрозу в аварийных

ситуациях, а именно - может повлечь взрыв пылевоздушной смеси и последующее разрушение здания и гибель персонала цеха, то предполагается, что централизованная система аспирации с более мощным пылеуловителем, установленным в отдельном помещении или на улице, данных недостатков иметь не будет.

В качестве пылеуловителя для древесной пыли может быть рассмотрен циклон для установок вне помещения (рис. 2) или фильтр – в помещении.

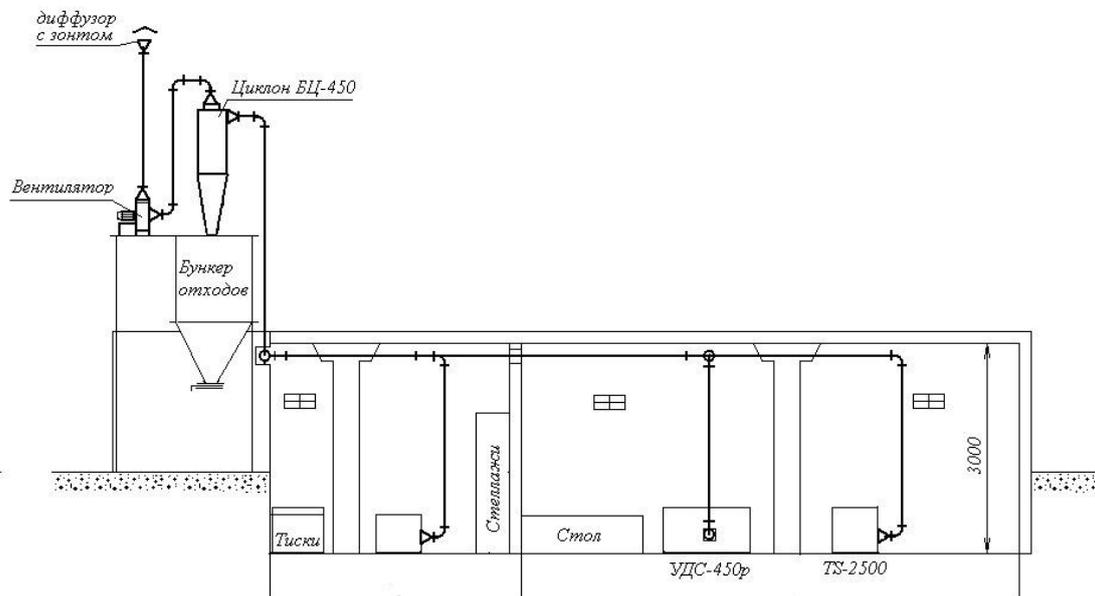


Рис.2. Схема централизованной системы аспирации

Как показывают замеры, в данном случае значительно снижается масса пыли, отложившейся на оборудовании и строительных конструкциях, она достигает 20 кг в смену. С учетом того что остальные характеристики помещений остаются неизменными, расчетное избыточное давление взрыва будет 4,4 кПа, что позволит перевести производство из взрывопожароопасного в пожароопасное. После расчетов удельной пожарной нагрузки данное помещение можно отнести к категории В2-В3.

Рассчитаем индивидуальный пожарный риск для работника в этом случае. Рассмотрим 3 основных

сценария пожароопасной ситуации. При рассмотрении всех трех сценариев следует рассчитать расчетное время эвакуации, время от начала реализации сценария пожара до блокировки эвакуационных путей в результате распространения опасных факторов пожара, вероятность эвакуации по эвакуационным путям и вероятность эвакуации соответственно, гибели, потенциальный и индивидуальный пожарный риск. При этом принимаем, что во всех случаях все прочие условия равны. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

№ п/п	Наименование показателя	Сценарий №1	Сценарий № 2	Сценарий №3
1	Расчетное время эвакуации $t_{р\text{э}}$ , мин.	11	13	22
2	Время от начала реализации сценария пожара до блокировки эвакуационных путей в результате распространения опасных факторов пожара $t_{бл\text{п}}$ ,	33,9	33,9	33,9

	мин.			
3	Вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{э.п.ij}$ , мин.	0,999	0,999	0,999
4	Вероятность эвакуации $P_{эij}$	0,999	0,999	0,999
5	Условная вероятность поражения человека $Q_{dij}$	0,00097	0,00097	0,00097
6	Потенциальный пожарный риск $P_i$	$5,82 \cdot 10^{-9}$	$5,82 \cdot 10^{-9}$	$5,82 \cdot 10^{-9}$
7	Индивидуальный пожарный риск $R_m$	$5,09 \cdot 10^{-9}$		

Согласно статье 93 [1] значение индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и на территориях производственного объекта не должно превышать одну миллионную в год, поэтому при обустройстве централизованной системы вентиляции требования по обеспечению пожарной безопасности для цеха механической обработки дерева можно считать выполненными.

Представленные расчеты пожарного риска для данного помещения максимально упрощены и во внимание приняты лишь те факторы, которые важны

для сравнения различных вариантов обустройства системы аспирации. Приведенная информация наглядно свидетельствует в пользу централизованной системы пылеулавливания не только с точки зрения экологии и охраны труда, но и с точки зрения пожарной безопасности. Часто на предприятиях вопрос стоит об экономической целесообразности выбора типа системы вентиляции (аспирации), поэтому в таблице 3 приведен перечень статей затрат при реализации одного из двух вариантов.

Таблица 3

**Экономическая целесообразность**

№ п/п	Статья затрат	Установка локальных пылеуловителей	Централизованная система аспирации
1.	АУПТ	Требуется	Только в помещение пылеуловителя или бункер пылеуловителя
2.	АУПС и СОУЭ	Требуется	Требуется
3.	Противодымная вентиляция	Требуется	Требуется
4.	Легкосбрасываемые конструкции	Требуются	Не требуются
5.	Тамбур-шлюзы с постоянным подпором воздуха	Требуются	Не требуются

Таким образом, использование локальных пылеуловителей, устанавливаемых непосредственно в цехе, может привести к значительному увеличению пожарной нагрузки. Эффективность работы заявленных систем и материалы, из которых выполняются отдельные их элементы (мешки-пылесборники), не обеспечивают отсутствия взрывоопасной высокодисперсной пыли

и приводят к ее постоянному накоплению. Первоначальная экономия на обустройстве и эксплуатации централизованной системы пылеулавливания оборачивается для предприятия дополнительными тратами на мероприятия по противопожарной защите. Все вышесказанное подтверждается путем расчета индивидуального пожарного риска.

**Библиография**

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ.
2. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: СП 12.13130.2009.
3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ от 10 июля 2009 г. № 404 (в ред. Приказа МЧС РФ от 14.12.2010 № 649).
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование: свод правил СП 7.13130.2013.

**References**

1. *Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnej bezopasnosti: Federal'nyj zakon ot 22.07.2008 g. № 123-FZ.*
2. *Opredelenie kategorij pomeshchenij, zdaniy i naruzhnyh ustanovok po vzryvopozharnoj i pozharnoj opasnosti: SP 12.13130.2009.*
3. *Ob utverzhenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah: prikaz ot 10 iyulya 2009 g. № 404 (v red. Prikaza MCHS RF ot 14.12.2010 № 649).*
4. *Otoplenie, ventilyaciya i kondicionirovanie: svod pravil SP 7.13130.2013*

## THE INFLUENCE OF THE SPECIFICS OF THE DESIGN OF VENTILATION SYSTEMS IN EXPLOSION HAZARD AND A DESIGN VALUE OF THE FIRE RISK

*The article analyzes the influence of the organization of the aspiration system of dust and gas flows from mechanical woodworking machines on the explosion hazard of the premises and the calculated values of fire risk. The advantage of a centralized aspiration system from the standpoint of fire safety is compared with the installation of local dust-collecting apparatus by calculating fire risk.*

**Keywords:** fire risk, aspiration system, ventilation system, dust collection, filter, cyclone, explosion hazard.

**Романюк Елена Васильевна,**

*к.т.н., доцент,*

*доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: scercso@mail.ru,*

**Romanyuk E. V.,**

*Candidate of technical sciences, associate professor,*

*Associate Professor of the Department of Fire Safety of technological processes,*

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

*Russia, Voronezh,*

**Каргашилов Дмитрий Валентинович,**

*к.т.н.,*

*начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*e-mail: kargashil@mail.ru,*

**Kargashilov D. V.,**

*Ph.D.,*

*Head of the department of fire safety of technological processes,*

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

*Russia, Voronezh,*

**Федоров Андрей Владимирович,**

*д.т.н., профессор,*

*профессор кафедры пожарной автоматики,*

*Академия ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Москва*

*e-mail: fedorov-ppa@yandex.ru*

**Fedorov A. V.,**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*Professor of the Department of Fire Automation,*

*Academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,*

*Russia, Moscow*

## АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ПЛАМЕНИ С БОРТА БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

*А.В. Вытовтов, А.В. Калач, Т.Н. Куликова*

*Разработана схема алгоритма обнаружения огня с беспилотного воздушного судна, основанная на математической обработке записи с цифровой видеокамеры, расположенной на борту аппарата. Алгоритм использует семь фильтров для ступенчатой проверки наличия горения в кадре. В работе использованы следующие фильтры: анализ цвета пикселей кадра на черно-белом изображении, проверка цвета выявленной области на совпадение с гаммой огня, определение областей движения, проверка цвета движущихся пикселей на совпадение с гаммой огня, пространственный вейвлет-анализ, определение частот изменения цвета в движущихся областях гаммы огня, проверка объемности области огня, анализ изменения формы очага относительно угла экспозиции, движущегося беспилотного воздушного судна. Разработанный алгоритм может быть использован для проведения мониторинга без работы оператора по отслеживанию изображения и позволит решить вопрос импортозамещения.*

**Ключевые слова:** беспилотное воздушное судно, распознавание пламени, система автоматического контроля, алгоритм распознавания, дрон.

Беспилотные воздушные суда, проделав рынок в гражданской области применения, освоили рынок и множество прикладных задач. Но большинство аппаратов при высокотехнологичном содержимом имеет устаревший подход «человек-беспилотник», где оператор получает информацию с камеры и принимает решение [1]. В современных условиях работы специальных служб многочасовое наблюдение оператором при мониторинге больших площадей приводит к снижению внимания и лишним затратам на поддержание штатной численности [2]. Также отдельно стоит отметить дополнительные расходы электроэнергии на борту судна для передачи видеосигнала на базовую станцию и его низкое качество в связи с потерями при передаче. Классически данную проблему решают установкой на судно инфракрасных камер, способных измерять температуру с высоты полета, которые сигнализируют оператору о нахождении объекта с температурой выше порогового значения [3]. Так, например, МЧС России закупило квадрокоптеры DJI Inspire с тепловизором Zenmuse XT, что увеличило стоимость аппарата в два раза.

Зарубежный опыт исследований возможности использования беспилотных воздушных судов при тушении лесных пожаров подставлен в таких проектах, как FiRE в Соединенных Штатах и проект COMETS в Европе. В рамках проекта WRAR (Wildfire Research and Applications Partnership) был проведен многочасовой эксперимент использования БПЛА для сбора данных о выбранном пожаре и передача данных в реальном времени с помощью телеметрии. Одним из самых успешных проектов, положивших начало принципу совместного

решения задач несколькими летательными аппаратами, стал COMETS. В нем задача обнаружения пожара подразделялась на специализированные задачи для каждого беспилотника, имеющего свой инструментарий для обнаружения огня [4]. В проекте было использовано четыре разнотипных аппарата с единой базой данных о возникновении события пожара и алгоритмами подтверждения и определения параметров горения. В проекте наряду с видеокамерами использовались микрокамеры в инфракрасном диапазоне для достоверного вывода об обнаружении пожара. Этот и другие примеры показывают актуальность и востребованность в разработке доступных систем обнаружения огня с беспилотных воздушных судов научного сообщества и государственных и частных заказчиков.

В статье представлен алгоритм, использующий изображение с цифровой видеокамеры для обнаружения пожара без участия оператора. Математическое распознавание реализовано в виде программного продукта, который установлен в микрокомпьютер, расположенный на борту летательного аппарата. Алгоритм функционирования разработанного программного продукта включает последовательность операций, представленную на рис. Рассмотрим основные фильтры предложенной методики.

Фильтр 1. Анализ цвета пикселей кадра. В связи с необходимостью рационального подхода к ресурсам микрокомпьютера предусмотрен алгоритм ранжирования фильтров, но только после положительного результата по первому из них.

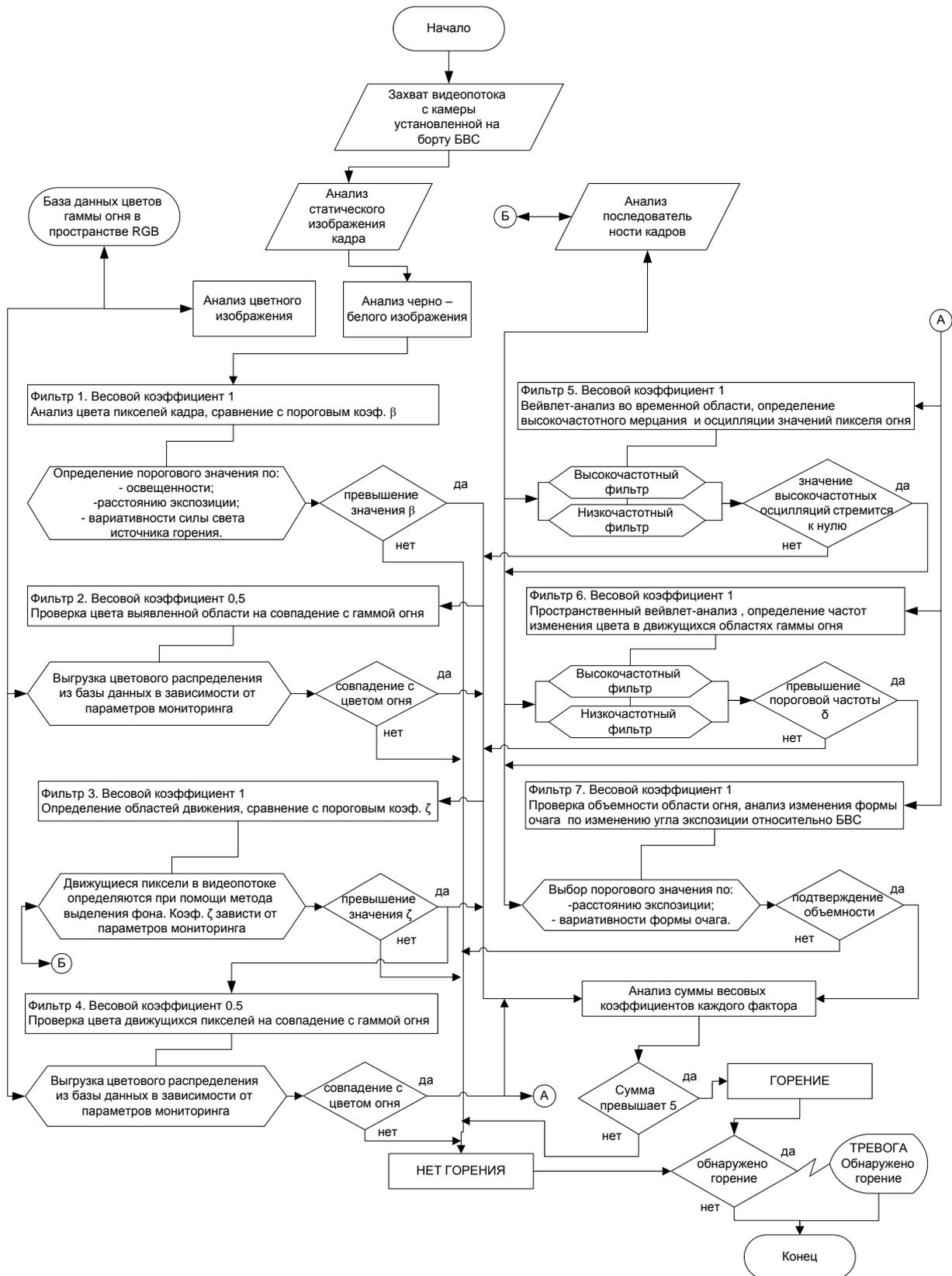


Рис. Алгоритм автоматического распознавания пламени с борта беспилотного воздушного судна

Программа захватывает черно-белое изображение статического кадра и определяет зоны, в которых цвет стремится к абсолютно белому, в пространстве RGB значения для таких пикселей будут приближаться к 255 [5]. Фильтр основан на

предположении, что огонь в снимке имеет максимальную яркость и при переводе в черно-белое изображение стремится к значению белого цвета. В предположение были введены граничные условия по освещенности, расстоянию экспозиции,

вариативности силы света источника горения. Данные три фактора в наибольшей степени влияют на исследуемый показатель. Для выражения числового значения вводим пороговый коэффициент  $\beta$ , определяющий нижнюю границу цвета пикселя огня. Для определения освещенности используется датчик, встроенный в корпус летательного аппарата. Расстояние экспозиции предопределенный параметр в зависимости от высоты полета которая зависит от местности и типа воздушного судна. Вариативность силы света определяется исходя из возможных параметров очага пожара. Каждый фактор имеет весовой коэффициент, определяющий, насколько он подтверждает наличие огня, что учитывается в итоговой формуле. Для фильтра 1 весовой коэффициент – 1. Положительный результат первого включает в работу фильтры 2, 3.

Фильтр 2. Проверка цвета выявленной области на совпадение с гаммой огня. В первую фильтрацию могут попасть лучи прожектора, отблески солнца, но в цветном спектре данные явления визуально отличаются от цвета огня. Область пикселей, определенных в первом фильтре сравнивается с заранее заданным цветовым распределением, которое представляет собой возможную цветовую гамму в пространстве RGB [6]. В алгоритме предусмотрена база данных цветов гаммы огня в зависимости от различных переменных. База сформирована при помощи обработки изображений, содержащих области огня. Цветовая гамма образует набор точек в трехмерном пространстве, которая описана смесью гауссовых распределений. Если цвет пикселя попадает внутрь сферы, считается, что он принадлежит огню. Для фильтра 2 весовой коэффициент – 0,5.

Фильтр 3. Определение областей движения. Движущиеся пиксели и области в видеопотоке определяются с помощью метода выделения фона [7]. Отсевание вибраций аппарата осуществляется подбором коэффициента  $\zeta$ , учитывающим расстояние до аппарата и вариативности силы света определяемой исходя из параметров очага пожара. Положительный результат третьего включает в работу фильтр 4. Для фильтра 3 весовой коэффициент – 0,5.

Фильтр 4. Проверка цвета движущихся пикселей на совпадение с гаммой огня. Алгоритм аналогичен фильтру 2, анализируются только те области изображения, где было обнаружено движение, цветовое распределение выгружается из базы данных. Положительный результат четвертого включает в работу фильтры 5,6,7. Для фильтра 4 весовой коэффициент – 0,5.

Фильтр 5. Вейвлет-анализ во временной области. Утверждение, на котором строится данный фильтр - не стабильность края огня, то есть граница пламени будет менять цвет с фонового на цвет пламени. В случае, если значение высокочастотных осцилляций стремится к нулю,

пиксели границы не изменяют цвет во времени. Для фильтра 5 весовой коэффициент – 1.

Фильтр 6. Пространственный вейвлет-анализ. В обычном объекте, имеющем цвет огня, изменения цвета в движущихся областях будут незначительными. В движущихся областях, соответствующих пламени на изображении, такие изменения будут весьма существенными. Для разграничения показателей вводим пороговый коэффициент  $\delta$ . Превышение данной частоты указывает на наличие горения. Для фильтра 6 весовой коэффициент – 1.

Фильтр 7. Проверка объемности области огня. Горение имеет объемные характеристики в зависимости от типа пожарной нагрузки и способа ее расположения. При пролете беспилотного воздушного судна над очагом в результате видео фиксации получается набор кадров горения, снятых под различным углом. Фильтр анализирует контур формы и делает вывод об объемности рассматриваемого объекта. Вариативными факторами при анализе являются высота полета, угол наблюдения, вариативность формы очага. Для фильтра 7 весовой коэффициент – 1.

Положительные результаты каждого фильтра поступают в блок анализа весовых коэффициентов, где суммируются для принятия решения [8]. Весовые коэффициенты подобраны исходя из особенностей каждого способа наиболее точно определять наличие горения. Пороговым значением обнаружения является пять и более. Оператору по радиоканалу передается сигнал «ТРЕВОГА. Обнаружено горение» с координатами и временем события. Дальнейшие действия зависят от конкретных условий мониторинга и выбираются оператором. Типовыми действиями могут быть: проверка видеозаписи с аппарата для визуального подтверждения, прокладка курса возвращения аппарата к месту обнаружения для дополнительного мониторинга, выезд группы к месту пожара.

Достоинствами технического решения является возможность автономной работы в зонах с затрудненной передачей радиосигнала, возможность освободить оператора от выполнения рутинной многочасовой работы, добиться целей распознавания огня более простыми и дешевыми техническими решениями. Алгоритм интегрирован в программный комплекс «Видеодетектор пламени 1.0 (FD)», зарегистрированный в реестре государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615714 [9]. Особенностью алгоритма является также требование минимальных технических характеристик к летательному аппарату: любой современный беспилотник имеет на борту видеокамеру и микропроцессор, что открывает возможную перспективу использования алгоритма в летательных аппаратах массового производства, в том числе за счет модернизации, стоящих на вооружении в МЧС России.

**Библиография**

1. Вытовтов А.В., Калач А.В., Сазанова А.А., Лебедев Ю.М. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов / А.В. Вытовтов, А.В. Калач, А.А. Сазанова, Ю.М. Лебедев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 2. – С. 87-91.
2. Воропаев Н.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России / Н.П. Воропаев // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (электронный журнал). – 2014. – №4. – С. 13-17.
3. Лебедев Ю.М., Разиньков С.Ю., Вытовтов А.В., Шумилин В.В. Зарубежный опыт использования микрокамер в инфракрасном диапазоне на БПЛА для обнаружения огня / Ю.М. Лебедев, С.Ю. Разиньков, А.В. Вытовтов, В.В. Шумилин // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – Т.1. – С. 28-33.
4. Merino L., Martinez-de-Dios JR, Ollero A. Cooperative Unmanned Aerial Systems for Fire Detection, Monitoring, and Extinguishing / L. Merino, JR Martinez-de-Dios, A. Ollero // Handbook of Unmanned Aerial Vehicles , pp. 2693–2722, Springer, 2014.
5. Русских Д.В., Денисов М.С. Методы определения пламени и задымления с помощью анализа видеозображения/ Д.В. Русских, М.С. Денисов // В сборнике: Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2013) сборник трудов VI международной конференции. – 2013. – С. 89.
6. Денисов М.С., Кожевин А.С., Чалый Е.С. Распознавание источников открытого огня на ранних стадиях пожара с помощью видеодетектора / М.С. Денисов, А.С. Кожевин, Е.С. Чалый // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1(5). – С. 93-94.
7. Shornikov Yu.V., Novikov E.A., Denisov M.S., Dostovalov I.N., Tomilov D.N. Modeling stiff hybrid systems of high dimension in isma / Yu.V. Shornikov, E.A. Novikov, M.S. Denisov, I.N.Dostovalov, D.N. Tomilov // В сборнике: Proceedings of the IASTED International Conference on Automation, Control, and Information Technology - Control, Diagnostics, and Automation, ACIT-CDA. – 2010 2010. – С. 256-260.
8. Королев Д.С., Калач А.В., Зенин А.Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности / Д.С. Королев, А.В. Калач, А.Ю. Зенин // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2015. – №2(15). – С. 42-46.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615714 «Видеодетектор пламени 1.0 (FD)» / Вытовтов А.В., Калач А.В., Шумилин В.В., Денисов М.С. правообладатель Вытовтов А.В. – 2016610590; заявлено 28.01.2016г.; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 27.05.2016г.

**References**

1. Vytovtov AV, Kalach AV, Sazanova AA, Lebedev Yu.M. On the issue of the creation of unmanned aerial vehicles / A.V. Vytovtov, A.V. Kalach, A.A. Sazanova, Yu.M. Lebedev // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhova. - 2016. - No. 2. - P. 87-91.
2. Voropaev N.P. The use of unmanned aerial vehicles in the interests of EMERCOM of Russia / N.P. Voropayev // Bulletin of the St. Petersburg State University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia (electronic journal). - 2014. - №4. - P. 13-17.
3. Lebedev Yu.M., Razinkov S.Yu., Vytovtov A.V., Shumilin V.V. Foreign experience of using micro cameras in the infrared range on UAV for detecting fire / Yu.M. Lebedev, S.Yu. Razinkov, A.V. Vytovtov, V.V. Shumilin // Problems of Ensuring Security in Eliminating the Consequences of Emergencies. - 2015. - T.1. - P. 28-33.
4. Merino L., Martinez-de-Dios JR, Ollero A. Cooperative Unmanned Aerial Systems for Fire Detection, Monitoring, and Extinguishing / L. Merino, JR Martinez-de-Dios, A. Ollero // Handbook of Unmanned Aerial Vehicles , Pp. 2693-2722, Springer, 2014.
5. DV Russkikh, MS Denisov. Methods for determination of flame and smoke by means of video image analysis. Russian, M.S. Denisov // In the collection: Modern methods of applied mathematics, control theory and computer technologies (PMTCT-2013), a collection of works of the VI International Conference. - 2013. - P. 89.
6. Denisov MS, Kozhevin AS, Chaly Ye.S. Recognition of sources of open fire in the early stages of a fire using a video detector / M.S. Denisov, A.S. Kozhevin, E.S. Chaly // Modern technologies for ensuring civil defense and liquidation of consequences of emergency situations. - 2014. - No. 1 (5). - P. 93-94.
7. Shornikov Yu.V., Novikov E.A., Denisov M.S., Dostovalov I.N., Tomilov D.N. Modeling stiff hybrid systems of high dimension in isma / Yu.V. Shornikov, E.A. Novikov, M.S. Denisov, I.N.Dostovalov, D.N. Tomilov // In the collection: Proceedings of the IASTED International Conference on Automation, Control, and Information Technology - Control, Diagnostics, and Automation, ACIT-CDA. - 2010 2010. - P. 256-260.
8. Korolev DS, Kalach AV, Zenin A.Yu. The Importance of Decision Making in Ensuring Fire Safety / D.S. Korolev, A.V. Kalach, A.Yu. Zenin // Bulletin of the Voronezh Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Measures of Russia. - 2015. - № 2 (15). - P. 42-46.
9. Certificate of state registration of the computer program No. 2016615714 "Video detector flame 1.0 (FD)" / Vytovtov AV, Kalach AV, Shumilin VV, Denisov MS Right holder Vytovtov A.V. - 2016610590; Declared on 01/01/2016; Registered in the register of computer programs May 27, 2016.

## MATHEMATICAL MODEL OF RECOGNITION OF FLAME FROM THE BOARD OF A FREE AIRCRAFT

*A scheme for the algorithm for detection of fire from an unmanned aircraft is developed, based on the mathematical processing of recording from a digital video camera located on the apparatus. The algorithm uses seven filters to check the presence of combustion in the frame step by step. The following filters were used in the work: analysis of the color of the pixels of the frame on a black and white image, checking the color of the identified area for coincidence with the gamma of fire, determining the areas of motion, checking the color of moving pixels for coincidence with the gamma of fire, spatial wavelet analysis, Moving areas of the fire range, checking the volumetric region of the fire, analyzing the change in the shape of the focus with respect to the angle of exposure of the moving unmanned aircraft. The developed algorithm can be used for monitoring without the operator's work on image tracking and solves the issue of import substitution and the creation of original domestic programs.*

**Keywords:** *unmanned aerial vehicle, fire detection, automatic control, recognition algorithm, drone.*

**Вытовтов Алексей Владимирович,**

*преподаватель,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*E-mail: Taft.RVK@yandex.ru, тел. 8-950-564-35-87,*

**Vyotovtov A.V.,**

*Lecturer of the Department of fire safety in construction,*

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

*Russia, Voronezh,*

*E-mail: Taft.RVK@yandex.ru. tel. 8-950-564-35-87.*

**Калач Андрей Владимирович,**

*д.х.н., проф.,*

*заместитель начальника института по науке,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*E-mail: avkalach@gmail.com,*

**Kalach A.V.,**

*D.Sc. in Chemical, prof.,*

*Deputy Head of the Institute for Research,*

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

*Russia, Voronezh,*

*E-mail: a\_kalach@mail.ru*

**Куликова Татьяна Николаевна,**

*адъюнкт,*

*Воронежский институт ГПС МЧС России,*

*Россия, г. Воронеж,*

*тел. 8-920-467-67-34,*

**Kulikova T.N.,**

*adjunct,*

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

*Russia, Voronezh.*



## БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 658.38 665.3, 628.52

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*А.В. Федоров, В.А. Бармашев, В.Н. Марков, Ш.К. Тагиев*

*Рассмотрены основные вопросы повышения уровня безопасности технологических процессов в пищевом производстве. Обоснована необходимость более глубокого объединения усилий специалистов различного профиля деятельности в разработке и совершенствовании способов повышения безопасности производственного оборудования, технологических процессов, вспомогательных операции. Показана значимость решения вопросов предупреждения чрезвычайных ситуаций на примере экстракционного производства для увеличения бесперебойного выпуска качественных пищевых продуктов.*

**Ключевые слова:** *производство, оборудование, технологический процесс, экстракция, промышленная и пожарная безопасность.*

Растительное масло занимает в нашей жизни значительное место. Его обоснованно относят к основной группе пищевых продуктов. Растительное масло является не только источником энергии, но и содержит в удобной для организма форме незаменимые микронутриенты. Растительные масла используются в пищу непосредственно, являясь основой ряда продуктов, и перерабатываются и употребляются в модифицированной форме. Имеющиеся в открытом доступе данные Росстата по потреблению растительных масел на душу населения очень характерно отражают социально-экономическое состояние нашего государства, это хорошо видно из диаграммы на рис. 1. Подсчет ведется по так называемому «фонду потребления растительного масла», который включает растительное масло (подсолнечное, горчичное, кукурузное, соевое, рапсовое, оливковое и прочее), маргарин, маргариновую продукцию, спред, маслосодержащие продукты питания (хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, рыбные, овощные и закусочные консервы, майонез) в пересчете на масло.

Приказом Минздрава России № 614 от 19.09.2016 по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих

современным требованиям здорового питания, для растительного масла рекомендовано 12 кг/год /человек. Сегодняшний достигнутый уровень не означает, что в сфере маслопроизводства агропромышленного комплекса нет проблем. В настоящее время идет работа над качеством и снижением себестоимости в условиях жесткой конкурентной среды. Рыночные отношения требуют от организаторов производства уделять большее внимания вопросам, связанным с условиями труда работников, и в первую очередь - безопасности применяемых технологий и оборудования. Растительное масло и его производные используются и в так называемых технических целях, это сырье для производства глицерина, моющих средств, смазывающих веществ. Растительное масло может стать и уже становится основой для экологически чистого топлива двигателей внутреннего сгорания. Есть еще достаточно много перспективных направлений применения этого уникального продукта из растительного сырья.

Производство растительных масел уникально тем, что практически безотходно. Обезжиренные материалы, жмыхи и шроты, - это ценнейший продукт для кормопроизводства, а лузга или плодовая оболочка используется как

топливо или идет на различные агротехнические цели в сельском хозяйстве.

В итоге и объем, и качество произведенных

растительных масел объективно влияют на состояние и развитие пищевой индустрии в целом, а их потребление во многом определяет уровень жизни и здоровья населения.

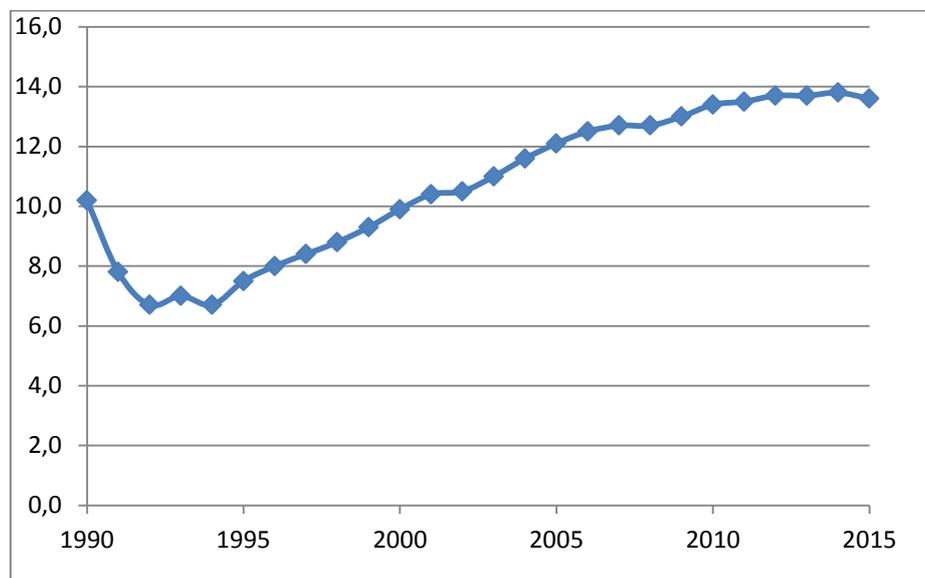


Рис 1. Потребление растительного масла в РФ кг/год /человек за последние 25 лет

Растительные масла относятся к так называемому восполняемому ресурсу. Климатические условия нашей страны позволяют получать их ежегодно в достаточном количестве.

В замкнутую систему производства и переработки растительных масел входят блоки:

- Сельское хозяйство
- Хранение
- Маслодобывание
- Маслопереработка
- Логистика
- Потребление

Каждый из блоков состоит из множества задач, объединенных общей целью. Чем прочнее связи между блоками, тем устойчивее и эффективнее работает система на конечный результат. В масштабах государства итогом работы системы можно считать достаточный для обеспечения населения объем и качество продукции. В последние годы эта задача в Российской Федерации ежегодно успешно решается. Сложившаяся система производства и переработки растительных масел обеспечивает не только внутренние потребности страны, но и позволяет выйти с продукцией на международный рынок, а это говорит о возможности системы как слаженно работающего агропромышленного масложирового комплекса. Вполне понятно, что, как и любая сложная конструкция, система не идеальна, она все время трансформируется, приспособляясь к новым обстоятельствам. Большое влияние на систему и ее отдельные элементы оказывают природные техногенные риски.

Наш научный коллектив давно и успешно занимается исследованиями в области техники и технологии маслодобывания. Это сложная и тонкая

тема. В первую очередь из-за того, что мы имеем дело с растительным сырьем, которое чувствительно к уровню и времени температурного воздействия. Важно следить за степенью возможных нежелательных химических превращений и особенно окислительных процессов продуктов и полупродуктов внутри оборудования.

Предыдущие и последующие звенья системы производства растительных масел оказывают существенное влияние на формирование технологии маслодобывания. Естественно, что на первом месте здесь стоит агропроизводство. Современная селекционная наука и агротехника позволяют сельхозпроизводителям получать высокие урожаи масличных культур с заложенными свойствами продукции. Такими заданными параметрами могут быть масличность, жирнокислотный и белковый состав. Могут варьироваться структура материала, реологические и физико-химические свойства масличных семян и самого масла. Все это требует гибкости и определенной универсальности от технологии и оборудования для переработки масличного сырья.

Можно считать одним из ключевых звеньев системы производства растительных жиров маслодобывание. Современное промышленное маслодобывание или производство растительных масел включает в себя следующие основные технологические процессы. Очищенный от механического и минерального сора масличный материал, как правило, семена масличных культур, поступают на подготовительные операции. Здесь при необходимости отделяется плодовая оболочка, а семена подготавливаются к влаготепловой обработке, после которой из масличного материала механическим способом извлекается растительное

масло, которое принято называть прессовым. После этого из частично обезжиренного материала (жмыха) экстракционным способом извлекают оставшееся в нем растительное масло, которое принято называть экстракционным. Масло извлекается специальным органическим нефтяным растворителем, полученный раствор принято называть мисцеллой. Процедуру удаления растворителя из раствора называют дистилляцией мисцеллы. Обезжиренный материал после удаления растворителя в экстракционном производстве называют шротом.

Особый отпечаток на идеологию построения технологических схем маслодобытия оказывает взрыво- и пожароопасность процессов. Это самое важное, что определяет некую консервативность подходов построения технологии маслодобытия. На первый план выходят задачи обеспечения безопасности производства, в какой-то степени тормозящие внедрение новых идей - и это в принципе оправданно. На протяжении многих десятилетий глобально технология маслодобытия не меняется. И продвижение вперед возможно при детальном изучении безопасности на каждом участке производственного цикла. Поэтому научное обоснование принципов и способов обеспечения промышленной и пожарной безопасности на предприятиях промышленности является стимулом создания новых технологических процессов и оборудования.

Производство, как правило, непрерывное – круглосуточное, остановки осуществляются только для регламентных работ по обслуживанию оборудования. Цикл переработки: от урожая до урожая. Большой объем перерабатываемого сырья и выхода готовой продукции относит масложирные производства к категории крупных предприятий. В совокупности маслозаводы образуют масложировую отрасль пищевой промышленности, куда входят предприятия разной мощности с полным или неполным циклом маслодобытия и переработки растительных жиров.

Следует отметить, что получение высококачественного и, если так можно выразиться, чистого растительного масла возможно только в условиях большого производственного комплекса, оснащенного современным автоматизированным оборудованием, имеющего в своем арсенале собственные источники энергии и производственных ресурсов.

К примеру, на многих участках производства растительных масел требуется химически чистый перегретый водяной пар высокого давления, который нецелесообразно транспортировать от сторонних ТЭЦ или технические газы, которые тоже выгоднее генерировать на собственной производственной площадке. Но это в свою очередь вызывает более высокие требования к безопасности производства

на всех стадиях производства, включая вспомогательные.

Важнейшим сегментом современного производства являются совершенные аналитические лаборатории, решающие задачи контроля качества сырья, полупродуктов и готовых продуктов на молекулярном уровне. Такие лаборатории чаще всего уже становятся основой исследовательских центров для создания собственных конкурентоспособных технологий. Все это возможно только в условиях крупного промышленного предприятия.

Основной целью наших исследований является кардинальное совершенствование действующих и создание новых технологий. Учитывая масштабы отрасли и значимость продукции, решаемые проблемы производства становятся в ряд общегосударственных.

Важной задачей особенно остро становится разработка и совершенствование способов повышения безопасности производственного оборудования, технологических процессов, вспомогательных операций и условий труда работников.

Таким образом, реальное обеспечение страны масложировыми ресурсами возможно только при условии развития крупных предприятий, на которых четко работают все звенья производства, включая организацию безопасных условий труда. Процесс получения растительных масел должен осуществляться в соответствии с действующими нормативными документами. В первую очередь, это правила промышленной безопасности в производстве масел методом прессования и экстракции (ПБ 09-524-03), разработанные с участием специалистов ВНИИЖиров.

Экстракционное производство для получения растительных масел в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», утвержденным Государственной думой РФ 20.06.97 г. № 116-ФЗ (в редакции от 04.03.13 № 22-ФЗ.) [1], относится к опасным производственным объектам и подлежит регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов. Повышение уровня безопасности производственного оборудования, технологических и трудовых процессов лежит в основе управления безопасностью труда. В деле повышения уровня безопасности большую значимость занимает системы стандартов безопасности труда. Стандарты безопасности труда устанавливают требования к производственным процессам, оборудованию по видам вредных и опасных производственных факторов, а также средствам индивидуальной и коллективной защиты. Система стандартов по безопасности труда является техническим законом для производства.

Характерными особенностями аварий на масложирных заводах являются пожары, взрывы и токсические выбросы.

Опасными факторами в процессе переработки масличных семян экстракционным способом является наличие взрывопожароопасных материалов, таких как семена, ядро, лузга (шелуха), шрот, семенная и шротовая пыль, масла, растворитель и его пары, мисцелла.

Значительные выделения органической пыли и паров растворителя являются причиной аварийности на предприятиях маслосебяющего производства.

Причинами возникновения аварийных ситуаций могут быть:

- несоблюдение правил и параметров ведения технологического процесса, правил проведения огневых и газоопасных работ;

- отсутствие приборов экспресс-анализа качества сырья, продуктов и полупродуктов его переработки, вспомогательных продуктов и материалов, воздушной среды;

- отсутствие систем диагностики состояния технологического оборудования и коммуникаций в режиме реального времени;

- несоответствие требованиям правил безопасности функциональных возможностей приборов, средств и систем автоматизации технологических процессов;

- неполное соответствие требованиям правил безопасности средств противоаварийной защиты (ПАЗ);

- отсутствие или неправильное использование средств индивидуальной защиты;

- человеческий фактор;

- значительно деформированная, ранее централизованная система разработки и сопровождения персонифицированной по предприятиям нормативно технической и технологической документации. И, как следствие, неправильно ориентированный контроль со стороны надзирающих органов.

Системы контроля и управления технологическими процессами: аналитического и приборного контроля, автоматического и дистанционного управления, системы противоаварийной защиты должны обеспечивать надежность и безопасность проведения технологических процессов.

Мы неоднократно обращались к теме безопасности технологических процессов. Пути повышения безопасности технологических процессов могут быть: [3]

- разработка, усовершенствование датчиков запыленности, загазованности помещений;
- разработка, усовершенствование приборов слежения за уровнем материала и жидкостей в емкостных аппаратах;
- разработка усовершенствованных систем автоматизированного управления технологическим процессом (АСУТП);
- организация правильного обучения и проверок знаний обслуживающим

персоналом: правил безопасного ведения процессов, правил проведения опасных работ.

Основными источниками высокой категоричности производства являются: значительное выделение органической пыли (хранение, транспортировка, переработка масличных материалов) и паров растворителя (транспортировка и хранение растворителя, процесса экстракции, транспортировка, хранение и дальнейшая обработка мисцелл и масел).

Как правило, причинами возникновения аварийных ситуаций являются:

- Нарушение или несоблюдение правил и норм технологического процесса;

- Отсутствие приборов экспресс-анализа качества сырья, продуктов его переработки, вспомогательных продуктов и материалов;

- Отсутствие систем диагностики состояния технологического оборудования и коммуникаций в режиме реального времени;

- Несоответствие требованиям правил безопасности перечня и функциональных возможностей приборов, средств и систем автоматизации технологических процессов;

- Неполное соответствие средств ПАЗ (противоаварийной защиты) требованиям правил безопасности;

- И ряд других.

По сути дела, необходимость применения приборов, средств и систем автоматизации технологических процессов сводится к корректировке отклонений параметров реальных технологических процессов, связанных, в частности, с отсутствием их математических моделей и средств их реализации, несовершенством технологического оборудования (некомплектные линии), нестабильностью качества сырья и вспомогательных продуктов, колебаниями параметров энергоносителей и др.

Мы усматриваем причины такого явления в следующем:

- Специалисты новой генерации, пришедшие на масложировые предприятия, не обладают достаточным опытом видения всех аспектов сложных технологических процессов;

- Характерный для наших предприятий остаточный принцип финансирования всех аспектов деятельности, связанных со службами КИП и А и промышленной безопасности, включая кадровые;

- Заниженные требования стандартов безопасности импортного оборудования (процессов) в сравнении с российскими. Закупая то или иное единичное или комплектное оборудование у иномфирм, покупатель ограничивается тем стандартом, который предлагает продавец, либо в целях

экономии и под предлогом дооснащения оборудования отечественными приборами и средствами автоматизации (СА) снижает эти требования.

Общая картина структуры систем автоматического контроля и управления технологическими процессами и средств ПАЗ на предприятиях отрасли имеет весьма пестрый характер: релейные, аналоговые, микропроцессорные, смешанные. Поэтому мы не будем останавливаться на преимуществах и недостатках тех или иных систем контроля и управления на различных стадиях технологического процесса, позволяющих свести к минимуму риски производства, визуализировать технологический процесс и, в конечном итоге, создать не просто автоматизированную систему управления, а оптимизированную под конечный продукт технико-экономическую систему управления (СУ) того или иного производства и/или их совокупности.

Помимо вышеуказанных причин большое значение имеет «человеческий фактор», особенно для взрывопожароопасных производств.

Таким образом, характерные ошибки, о которых мы упомянули выше, довольно часто встречаются как в регламентах, представляемых во ВНИИЖ на согласование, так и на предприятиях, обследуемых на предмет разработки производственного технологического регламента.

Анализ аварийных случаев на маслосебяющих заводах показал, что наиболее часто аварийные ситуации возникают при пуске, остановке предприятия, при проведении планово предупредительного и капитального ремонтов, а причиной их, в основном, является человеческий фактор.

Одним из направлений исследований является изучение причин, анализ причин и предпосылок аварий. Развитие аварийной или опасной ситуации в подавляющем большинстве реализаций носит вероятностный характер. Что наглядно подтверждается последовательной моделью развития несчастного случая, предложенной авторами [2]. Мы изучили возможности метода и считаем, что этот подход применим для масложатрационных предприятий.

В модели рассматриваются этапы восприятия (1) и осознания (2) опасности, принятия (3) и реализации решения (4) по защите от нее. Из рисунка видно, что на каждом этапе присутствует элемент случайности из-за возможных ошибок восприятия, неправильного или запоздавшего осознания опасности, ошибочного решения по способу защиты и ошибок в процессе реализации решения.

Дерево опасностей строится с использованием 6 стандартных логических символов и 6 стандартных символов событий.

Главным событием дерева опасностей (верхом дерева) является производственная авария

или НС. Само дерево состоит из последовательности событий, которые ведут к конечному событию и соединяются логическими знаками. Построение дерева ведется до исходных событий. При построении дерева опасностей следует заменять абстрактные события менее абстрактными, разделять события на элементарные, точно определять причину событий, находить совместно действующие причины и точно указывать место отказа элемента.

На рис. 2 приведен пример дерева отказов для сравнительно простого несчастного случая вследствие взрыва аппарата. Для эффективной профилактики аварий и несчастных случаев необходимы, во-первых, выявление или идентификация опасностей, во-вторых, их количественная оценка, в-третьих, достоверное прогнозирование возникновения опасных ситуаций и, в-четвертых, обоснованный выбор мероприятий по предупреждению аварий и катастроф.

Идентификация вредных и опасных факторов на производстве осуществляется в соответствии со статьей №10 Федерального закона «О специальной оценке условий труда».

Установленные в процессе предварительного анализа опасности классифицируются по 4 группам:

- Пренебрежимые, обычно ошибки персонала и недостатки конструкции, которые не ведут к существенным нарушениям и несчастным случаям;
- Граничные, которые хотя и нарушают функционирование объекта, но могут быть компенсированы или взяты под контроль;
- Критические, требующие принятия немедленных мер;
- Катастрофические опасности, ведущие к авариям и несчастным случаям.

Идентификация отказов предусматривает их отнесение к одной из следующих четырех категорий:

- потенциально приводящие к жертвам;
- приводящие к невыполнению основной задачи;
- приводящие к задержкам или снижению работоспособности;
- приводящие к дополнительному обслуживанию.

Применение перечисленных методов позволяет выделить наиболее значимые опасности, для количественной оценки которых используется метод построения и анализа дерева отказов (или по другой терминологии - дерева неполадок, опасностей, причин). В основе построения дерева опасностей лежит логико-аналитический метод установления причинно-следственных связей между опасными событиями, что обеспечивает возможность вычисления вероятности каждого такого события.

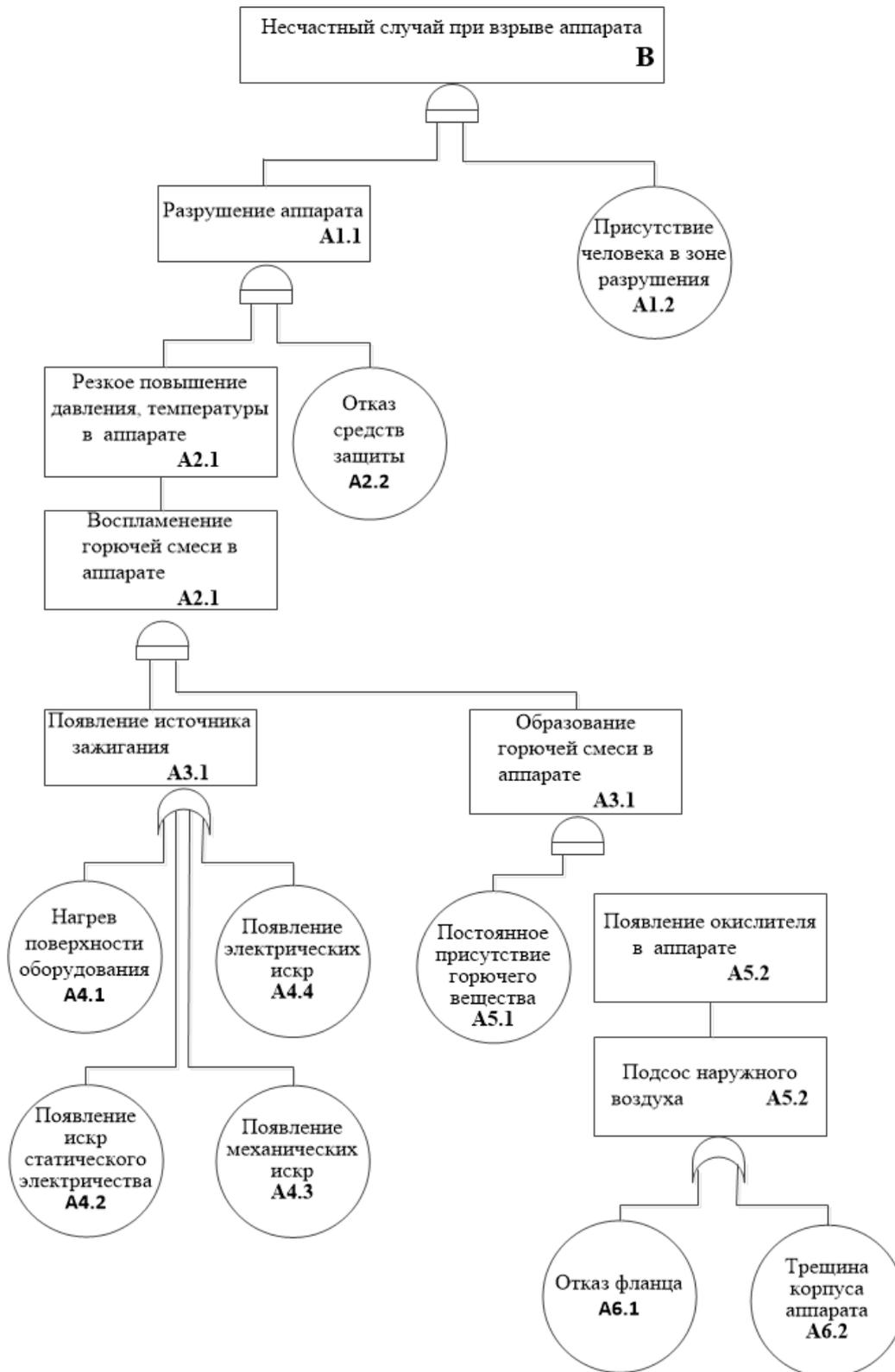


Рис. 2. Дерево опасностей для маслоэкстракционного производства

Количественной мерой опасности стала концепция индивидуального риска. Методы количественной оценки индивидуального риска базируются на теории надежности технического средства и широко используют ее основные понятия и полученные ею количественные характеристики надежности конкретных технических элементов и устройств (вероятность

отказов, время наработки на отказ и т.д.). Перед проведением расчетов уточняется перечень опасных факторов и определяются элементы технического оборудования и этапы технологического процесса (имеются в виду периодические процессы с этапами загрузки и выгрузки реагентов и т.д.), которые требуют повышенного внимания с точки зрения БЖД.

На рис. 3 мы постарались представить основные причины возникновения аварийных

ситуаций техногенного характера на предприятиях масложирового комплекса.



Рис. 3. Причины возникновения аварий

Достоверное прогнозирование возникновения опасных ситуаций остается важнейшей задачей для специалистов отрасли, ответственных за обеспечение безопасности производственных объектов. Самое важное - это тесное взаимодействие специалистов разных областей знаний.

Разработка и совершенствование способов повышения безопасности производственного оборудования, технологических процессов, вспомогательных операций и условий труда работников остается острой темой для ученых, инженеров, конструкторов и специалистов, непосредственно занятых выпуском продукции на предприятиях.

### Библиография

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федеральный закон утвержден Государственной думой РФ 20.06.97 г. № 116-ФЗ (в редакции от 04.03.13 № 22-ФЗ).
2. Бережной С.А., Романов В.В., Седов Ю.И. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / С.А. Бережной, В.В. Романов. - Тверь: ТГТУ, 1996. - 304 с.
3. Лисицын А.Н., Тагиев Ш.К., Бармашев В.А., Марков В.Н. Автоматизация как средство повышения взрывобезопасности производств / А.Н. Лисицын, Ш.К. Тагиев // Масложировая промышленность. - №3. - 2006. - С. 20 - 22.

### References

1. O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov: federal'nyj zakon utverzhden Gosudarstvennoj dumoj RF 20.06.97 g. № 116-FZ (v redakcii ot 04.03.13 № 22-FZ).
2. Berezhnoj S.A., Romanov V.V., Sedov YU.I. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: Uchebnoe posobie / S.A. Berezhnoj, V.V. Romanov. - Tver': TGTU, 1996. - 304 s.
3. Lisicyan A.N., Tagiev SH.K., Barmashev V.A., Markov V.N. Avtomatizaciya kak sredstvo povysheniya vzryvbezopasnosti proizvodstv / A.N. Lisicyan, SH.K. Tagiev // Maslozhirovaya promyshlennost'. - №3. - 2006. - S. 20 - 22.

## ACTUAL PROBLEMS OF SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS TO PREVENT ANTHROPOGENIC EMERGENCY SITUATIONS

*The authors discussed the main issues of increasing the level of safety of technological processes in food production. The authors substantiate the need for deeper integration of efforts of specialists of various profile activities in the development and improvement of methods of increase of safety of production equipment, technological processes, auxiliary operations. The authors showed the importance of addressing issues of prevention of emergency situations on the example of the extraction production to increase uninterrupted production of quality food products.*

**Keywords:** *production, equipment, process extraction, and industrial and fire safety.*

**Федоров Александр Валентинович,**

*д.т.н.,*

*заведующий кафедрой пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья,  
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики,  
Россия, г. Санкт-Петербург,*

**Fedorov A.V.,**

*Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics,  
Russia, St. Petersburg,  
e-mail: afedorov@corp.ifmo.ru.*

**Бармашев Валерий Александрович,**

*к т.н., с.н.с. отдела производства растительных масел,  
Всероссийский научно-исследовательский институт жиров,  
Россия, г. Санкт-Петербург.*

**Baryshev V.A.,**

*All-Russian Scientific-research Institute of Fats,  
Russia, Saint-Petersburg,  
e-mail: vegoils@vniig.org*

**Марков Владимир Николаевич,**

*к т.н.,*

*зав. отделом производства растительных масел,  
Всероссийский научно-исследовательский институт жиров,  
Россия, г. Санкт-Петербург.*

**Markov V.N.,**

*All-Russian Scientific-research Institute of Fats,  
Russia, Saint-Petersburg,  
e-mail: vegoils@vniig.org*

**Тагиев Шафи Камильевич,**

*зав. лабораторией автоматизации и вычислительной техники,  
Всероссийский научно-исследовательский институт жиров,  
Россия, г. Санкт-Петербург,*

**Tagiyev S.K.,**

*All-Russian Scientific-research Institute of Fats,  
Russia, Saint-Petersburg,  
e-mail: vegoils@vniig.org.*

## 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 (экспликации) 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 переведенных 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**