

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 3 (39) – 2021

Редакционный совет

Председатель – доктор химических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Ивахнюк Григорий Константинович**, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Заместитель председателя – доктор технических наук, доцент **Зыбина Ольга Александровна**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Санкт-Петербургского ГУП «Горэлектротранс»;

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, почетный работник науки и техники **Барбин Николай Михайлович**, ведущий научный сотрудник УрИ ГПС МЧС России, директор Научно-исследовательского института физико-химических проблем и техносферной безопасности Государственного аграрного университета;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат педагогических наук, доцент **Клюй Валерий Владимирович**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь совета:

капитан внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, старший редактор отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

Председатель – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской редакционной деятельности.

Заместитель председателя – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Антюхов Валерий Иванович**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления;

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат технических наук, доцент **Матвеев Александр Владимирович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Антошина Т.Н. Применение многопараметрической структуры в организации управления информационных систем и баз данных.....	4
Титов С.А., Барбин Н.М., Кобелев А.М. Аварийные ситуации, произошедшие на атомных электростанциях в период с 1992 по 2019 год.....	7
Пивоварова И.И. Автоматизация расчета параметров системы промышленной водоподготовки для предприятий энергетики.....	13

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузьмин А.А., Кузьмина Т.А. Расчетная модель герметичности фланцевого соединения.....	19
Свидзинская Г.Б., Штепа М.В. К вопросу пожарной и экологической опасности мест хранения твердых отходов производства и потребления в Российской Федерации.....	25
Лабинский А.Ю. Оптимизация параметров теплообменных аппаратов с использованием генетического алгоритма.....	32

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Пашкин С.Б., Медведева Л.В. Результаты исследования удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания у служащих.....	39
Каланин И.И., Марков И.С., Петросян С.Х. Опыт организации подготовки специалистов МЧС России на основе технологии виртуальной реальности.....	51
Пермяков А.А., Андреев В.С. Особенности пожаров в фитнес-центрах.....	56
Машин А.С., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности на объектах производственного назначения.....	60
Сведения об авторах.....	65
Информационная справка.....	66
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты).....	71

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение
либо иное использование материалов, опубликованных в журнале
«Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»,
без письменного разрешения редакции не допускается

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 004.051

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И БАЗ ДАННЫХ

**Т.Н. Антошина, кандидат педагогических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются аспекты многопараметрической оптимизации систем управления базами данных. Раскрыты понятия: «база данных», «система управления базой данных», «реляционная модель базы данных». Перечислены проблемы управления оптимизации работы баз данных, и даны перспективы развития в этой области.

Ключевые слова: база данных, данные, многопараметрическая оптимизация, управление, система управления базой данных

APPLICATION OF A MULTIPARAMETRIC STRUCTURE IN THE ORGANIZATION OF MANAGEMENT OF INFORMATION SYSTEMS AND DATABASES

T.N. Antoshina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses aspects of multi-parameter optimization of database management systems. The concepts of «Database», «Database Management System», «Relational Database Model» are disclosed. The problems of managing the optimization of the work of databases are listed and the prospects for development in this area are given.

Keywords: database, data, multiparameter optimization, control, database management system

В современном мире существует множество готовых информационных и компьютерных ресурсов, которые были созданы в эпоху IT-технологий. Для их проектирования использовалось множество инновационных методологических принципов. Сейчас при реализации более новой информационной системы можно найти и эксплуатировать уже готовые по своим функциям компоненты. Главная проблема таких систем заключается в том, что при их создании и проектировании не учитывались требования коммуникабельности. Большая часть компонентов в информационной системе не взаимодействуют друг с другом, следовательно не могут работать вместе. Соответственно, идеально иметь такую структуру, которая бы обеспечила коллективность независимо от разработанных информационно-вычислительных ресурсов, но для этого надо более внимательно отнестись к использованию многопараметрической структуры в организации управления информационных систем и баз данных (БД) [1].

Для определения многопараметрической структуры организации управления информационных систем и БД вспомним основные определения и рассмотрим основные проблемы в этой области.

БД – это любая коллекция электронных записей, которые могут быть обработаны для получения полезной информации. К данным можно получать доступ, изменять, управлять,

контролировать и организовывать для выполнения различных операций по обработке данных. Данные обычно индексируются по строкам, столбцам и таблицам, что повышает эффективность обработки рабочей нагрузки и запросов к данным [2].

БД – неотъемлемая часть систем управления БД (СУБД), тем более, когда речь заходит об эффективном функционировании развертывания ИТ-систем. Сегодня системы БД настолько распространены и являются такой неотъемлемой частью повседневной жизни, что люди часто не осознают, что используют их.

СУБД стали стандартным инструментом и отстраняют обычных пользователей от деталей управления, а сами СУБД направлены на повышение производительности труда специалистов и облегчения доступа к данным, поэтому одно из самых важных правил проектирования СУБД – это постоянная минимизация сложности на всех этапах как проектирования, так и работы с ней.

БД представляет собой организованный набор данных, в виде нескольких блоков данных, которые, как правило, находятся в компьютерной системе и доступны в электронном виде, что обеспечивает легкий доступ, манипулирование и обновление данных [3].

Анализ обследования БД охватывает как промышленную, так и академическую среду и разделен на два этапа [4]:

1. Трудоемкость в изложении (достаточно большое количество функций, процессов, элементов данных и сложные взаимосвязи между ними), требующая тщательного моделирования и анализа данных и процессов.

2. Наличие совокупности тесно взаимодействующих компонентов (подсистем), имеющих свои локальные задачи и цели функционирования (например, традиционных приложений, связанных с обработкой транзакций и решением регламентных задач, и приложений аналитической обработки (поддержки принятия решений), использующих нерегламентированные запросы к данным большого объема).

Все сложные системы БД состоят из отдельных более простых подсистем (элементов). Поэтому, решая задачу эффективности СУБД в целом, при проектировании должна стоять задача многопараметрической оптимизации для отдельных ее элементов. При этом должна осуществляться регулировка (сбалансирование) всех элементов оптимальности подсистем в соответствии с их назначением и связями, существующими между подсистемами, в этом и заключается ряд сложностей при создании таких систем.

Таким образом, соответственно, «в первую очередь это связано с тем, что при конструировании систем на первоначальном этапе не всегда можно точно сформулировать требования к разрабатываемой системе. С одной стороны, БД обеспечивают постоянное хранение и извлечение данных – как больших, так и малых, с другой – они становятся сложными и трудоемкими в управлении» [5].

Имеются две основные области оптимизации многопараметрической структуры организации управления информационных систем и БД:

1. Анализ моделей данных, на основе которых могут строиться интерфейсы для различных типов пользователей. Например, кто будет использовать и какую информацию для принятия решений и какого типа?

2. Безопасность и эффективная реализация СУБД. Информационные ресурсы являются ядром большинства организаций. Это должно учитываться в каждом элементе реализации, предназначенной для коллективного использования, путем обеспечения безопасности данных в случаях одновременного доступа, восстановления и модификации.

Для оптимизации всей БД, использующей массивно масштабируемые наборы данных, требуется оборудование, способное эффективно поддерживать рабочие нагрузки на БД и статистику [5].

Вычисления и память должны работать вместе с высокой производительностью, а инструкции по обработке обеспечивают быстрое перемещение запросов и потоков данных. Хранение данных и доступ к ним зависят от многопараметричности, которая автоматически определяет приоритеты рабочих нагрузок.

Многопараметричность системы управления БД достигается за счет оптимизатора (или реляционный оптимизатор), который преобразует операторы SQL в исполняемый код. Считается, что «прежде чем какая-либо инструкция SQL может быть запущена СУБД,

оптимизатор должен проанализировать SQL и определить наиболее эффективные пути доступа, доступные для выполнения инструкции. Это достигается путем анализа инструкции SQL, чтобы определить, к каким таблицам и столбцам необходимо получить доступ. Затем оптимизатор проверяет статистику, хранящуюся в системном каталоге, чтобы определить наилучший метод выполнения задач, необходимых для удовлетворения запроса SQL» [6, 7].

Статистика, используемая оптимизатором, включает информацию о текущем состоянии таблиц, индексов, столбцов и табличных пространств (включая информацию о разделах), к которым необходимо получить доступ. Примеры типичных статистических данных, хранящихся в системном каталоге, включают размер таблицы (пространства), сведения о кластеризации, количество строк, количество различных значений для столбцов, уровни индексов и т.д. Оптимизатор включает эту информацию в серию сложных формул, которые он использует при построении оптимизированных путей доступа.

В дополнение к статистике системного каталога оптимизатор будет учитывать другую системную информацию, такую как используемый процессор, параметры DDL и объем доступной памяти. Это позволяет оптимизатору оценить количество строк, подходящих для каждого предиката, а затем использовать соответствующий алгоритм для наиболее эффективного доступа к требуемым данным.

Возможность оптимизации доступа к данным является очень мощной возможностью систем реляционных БД. Вместо того, чтобы с трудом кодировать точные инструкции для извлечения необходимых данных, доступ достигается путем указания СУБД, что нужно извлечь, и предоставления ей возможности выяснить, как это сделать. Независимо от того, как данные физически хранятся и обрабатываются, Db2 и SQL все равно могут получить доступ к этим данным. Такое разделение критериев доступа от физических характеристик хранилища называется физической независимостью данных, это возможно только благодаря оптимизатору.

Реляционный оптимизатор – очень сложный компонент СУБД, который слишком часто считают само собой разумеющимся. Реляционная оптимизация сэкономила бесчисленное количество часов работы, и до тех пор, пока она используется должным образом, и приложения кодируются со знанием того, что может сделать оптимизация, СУБД может использоваться для широкого спектра требований и вариантов использования. Применение многопараметрической структуры в организации управления информационных систем и БД не новый рубеж и неизведанная область, но требующая неоднократных улучшений и адаптаций с каждым новым выпуском.

Литература

1. Антошина Т.Н., Кабанов А.А. Исследование принципов организации и функционирования распределенных информационных систем и баз данных в судебной экспертизе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 128–133.
2. Антошина Т.Н., Александров Г.А. Основные структурные элементы баз данных // Компьютерные технологии в экспертной деятельности: сб. статей С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России / под науч. ред. А.А. Кабанова. СПб.: СПб ун-т ГПС МЧС России, 2016. 33 с.
3. Антошина Т.Н. Разработка специализированных баз данных со структурной адаптацией // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 2 (34). С. 42–45.
4. Антошина Т.Н. Применение методологии структурного анализа в проектировании экспертных систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 76–79.
5. Безопасность информационных систем и защита информации в МЧС России: учеб. пособие / Ю.И. Синешук [и др.] / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2012.
6. Антошина Т.Н., Глузгал А.Е. Современные подходы к проектированию и внедрению компьютерных технологий обучения в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 1 (37). С. 87–92.
7. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовский В.Д. Представление знаний в информационных системах. М.: Академия, 2012. С. 116–138.

УДК 621.039.586

АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ПРОИЗОШЕДШИЕ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ В ПЕРИОД С 1992 ПО 2019 ГОД

С.А. Титов;

Н.М. Барбин, доктор технических наук;

А.М. Кобелев, кандидат технических наук.

Уральский институт ГПС МЧС России

Проведен системный и статистический анализ аварийных ситуаций, произошедших на атомных электростанциях в мире в период с 1992 по 2019 год; определены страны, в которых происходили аварии и инциденты на атомных электростанциях; указан год возникновения аварийного события; выявлены основные причины аварийных ситуаций; подсчитано количество аварий и инцидентов; определено процентное соотношение возникновения аварийных ситуаций на различных типах реакторов.

Ключевые слова: атомные электростанции, аварийные ситуации, аварии, инциденты, реакторы, выброс радиоактивности

EMERGENCY SITUATIONS THAT OCCURRED AT NUCLEAR POWER PLANTS DURING THE PERIOD 1992–2019

S.A. Titov; N.M. Barbin; A.M. Kobelev.

Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia

The work carried out a systematic and statistical analysis of emergencies that occurred at nuclear power plants in the world for the period 1992–2019, the countries in which accidents and incidents occurred at nuclear power plants were identified, the year of occurrence of the emergency event was indicated, the main causes of emergencies were identified, the number of accidents and incidents was calculated, and the percentage ratio of emergencies at various types of reactors was determined.

Keywords: nuclear power plants, emergencies, accidents, incidents, reactors, release of radioactivity

Производство общей мировой электроэнергии по данным Всемирной Ядерной Ассоциации на сегодняшний день достигает 16 000 Тераватт-час (ТВт*ч) в год. В настоящее время ежегодная выработка электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС) насчитывает 2 481 ТВт*ч в год, что составляет около 15,54 % доли в производстве электроэнергии в мире. С каждым годом это производство электроэнергии на АЭС растет на 1–1,5 %. В эксплуатации на данный момент находится 191 АЭС, в которые входит 451 энергоблок, 53 энергоблока находятся в стадии строительства и 189 энергоблоков закрыты [1–6].

В работе рассмотрены и проанализированы аварийные ситуации: аварии, инциденты и нештатные ситуации, возникающие на АЭС в период с 1992 по 2019 год, проведен системный и статистический анализ. Материалы были взяты из источников [7–11]. При анализе статистических данных использовались программы: Microsoft Excel, Microsoft Word. Для выполнения системного анализа были выделены основные факторы: количество аварий и инцидентов, страна, в которой происходило аварийное событие (Россия, Япония, Мексика, Франция, Испания, Украина, Венгрия, Великобритания, Пакистан, Индия, Словения, Чехия), год аварийной ситуации, объекты аварийных событий (трансформаторы и кабельные каналы, отказ систем управления и сбой автоматики, контур реактора и системы охлаждения, насосы и насосные системы, парогенераторы и паропроводные системы, активная зона реактора, корпус реактора, трубопроводные системы, технологический канал, аварийные системы, датчики контрольно-измерительной аппаратуры, турбина реактора

и другие случаи аварий), причины возникновения аварийной ситуации (по вине персонала, по технической неисправности, из-за произошедшего стихийного бедствия (землетрясения), из-за короткого замыкания и сбоя автоматики), типы (разновидности) реакторов («РБМК», «ВВЭР», «БН», «РWR», «BWR», «PHWR»).

За период с 1992 по 2019 г. произошло 34 аварийных случая на АЭС, из них – 13 аварий и 21 инцидент. Аварийные ситуации возникали в 12 странах: Россия, Япония, Мексика, Франция, Испания, Украина, Венгрия, Великобритания, Пакистан, Индия, Словения и Чехия (рис. 1).

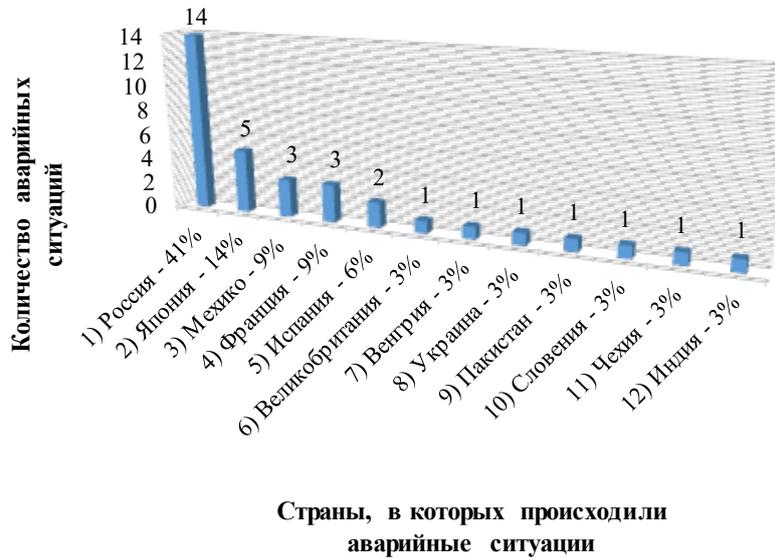


Рис. 1. Страны возникновения аварийных ситуаций на АЭС

Самое большое количество аварий было зарегистрировано в Японии – пять аварий: в 2004, 2007 гг. и три аварии в 2011 г. Три аварии было замечено во Франции: в 2008, 2011 и 2017 гг., по одной аварии произошло в России в 1992 г., в Украине в 1996 г., в Венгрии в 2003 г., в Испании в 2004 г. и в Индии в 2012 г. (рис. 2). Больше всего инцидентов было зарегистрировано в России – тринадцать: в 2008 г. – семь, в 2004 г. – два и по одному в 1992, 2015, 2018, 2019 гг., в Мексика было три инцидента: в 2010 г. – два и один в 2011 г., по одному инциденту произошло в Чехии – в 2004 г., в Словении – в 2008 г., в Испании – в 2009 г., в Великобритании – в 2009 г. и Пакистане – в 2011 г. (рис. 3). Чаще всего объектами аварий становились трансформаторы и кабельные каналы – 20 %, отказ систем управление и сбой автоматики – 11 %, парогенераторы и паропроводные системы – 9 %, контур реактора и системы охлаждения – 9 %, насосы и насосные системы – 9 %, разные случаи возникновения аварий – 9 %, датчики и механизмы системы давления – 6 %, активная зона реактора – 6 %, технологический канал – 6 %, корпус реактора – 6 %, турбина реактора – 3 %, трубопроводные системы – 3 %, аварийные системы – 3 % (рис. 4). Аварийные ситуации в трансформаторах и кабельных каналах происходили 7 раз: Япония – 2007 г., Россия – 2008, 2018, 2019 гг., Мексика – 2010 г., Франция – 2017 г.; в отказе системы управления и в сбое автоматики – 4 раза: Россия – 2004, 2008 гг., Чехия – 2004 г.; в парогенераторах и паропроводных системах – 3 раза: Украина – 1996 г., Россия – 2004, 2015 гг.; в контуре реактора и системах охлаждения – 3 раза: Япония – 2004 г., Словения – 2008 г., Пакистан – 2011 г.; в насосах и насосных системах – 3 раза: Россия – 1992, 2008 гг., Мексика – 2010 г.; разные случаи возникновения аварийной ситуации – 3 раза: Франция – 2008 г., Япония – 2011 г., Великобритания 2009 г.; в датчиках и в механизмах системы давления – 2 раза: Россия – 2008 г.; в активной зоне реактора – 2 раза: Венгрия – 2003 г., Япония – 2011 г.; в технологическом канале – 2 раза: Россия – 1992 г., Испания – 2009 г.; в корпусе реактора – 2 раза: Мексика – 2011 г., Индия – 2012 г.; в турбине реактора – 1 раз: Япония – 2011 г.; в трубопроводных системах – 1 раз: Испания – 2004 г.; в аварийной системе – 1 раз: Франция – 2011 г.

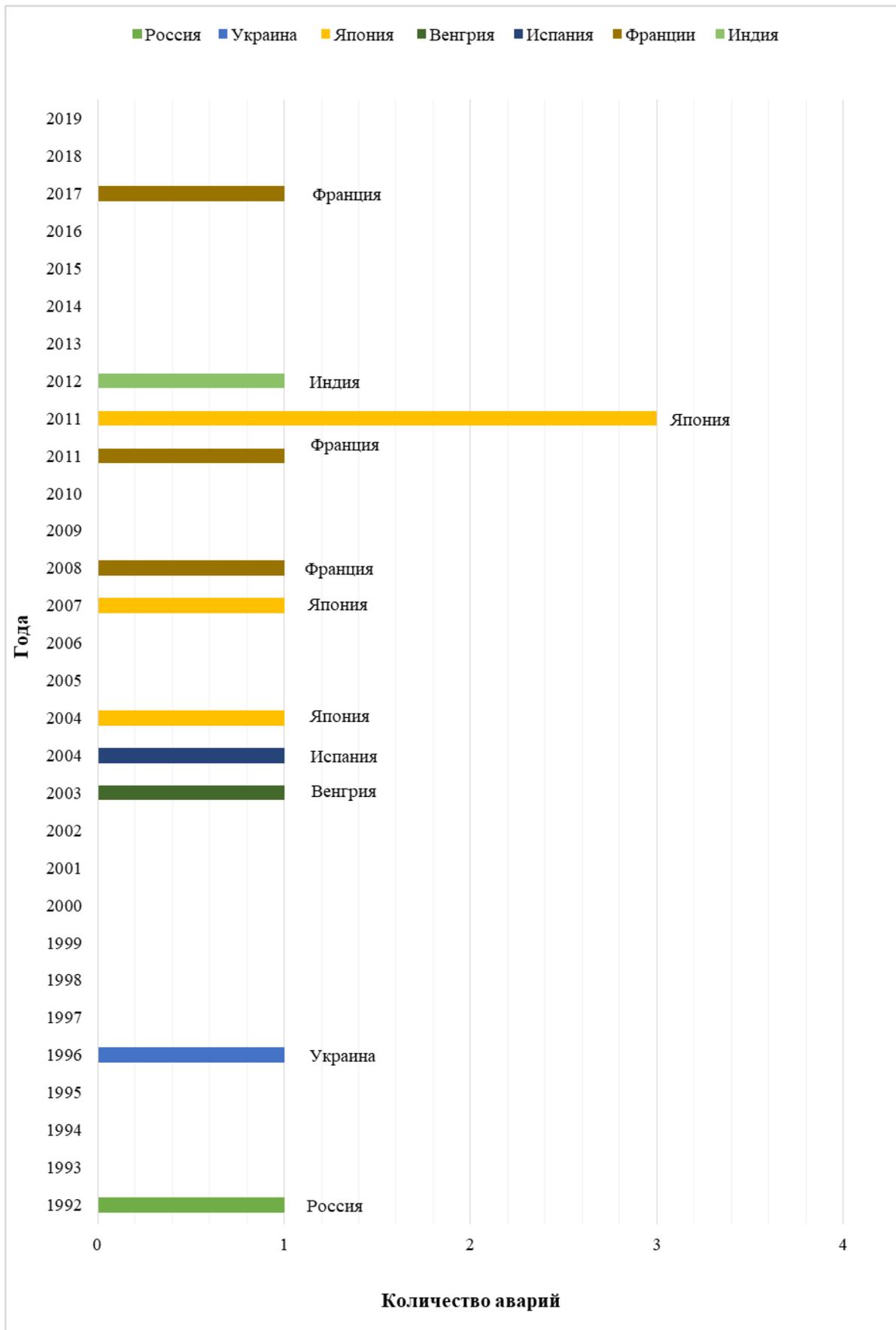


Рис. 2. Количество аварий на АЭС по годам

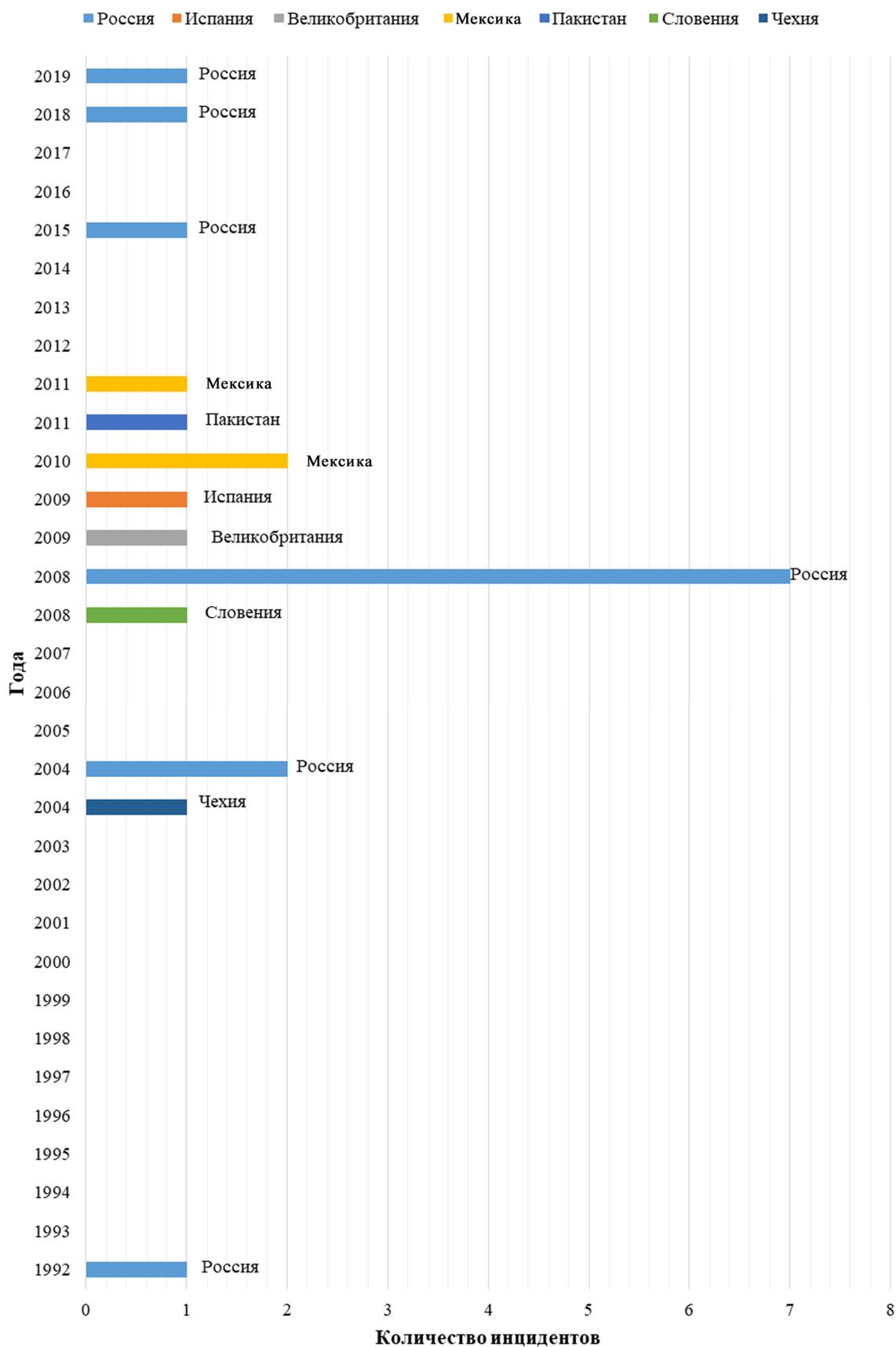


Рис. 3. Количество инцидентов на АЭС по годам



Рис. 4. Основные объекты возникновения аварий на АЭС

За данный период аварийные ситуации чаще всего происходили по причине технических неисправностей (рис. 5). Количество аварийных ситуаций, произошедших по причине технических неисправностей – 56 %, по вине персонала – 22 %, из-за стихийного бедствия (землетрясения) – 13 %, из-за сбоя автоматики – 6 %, из-за коротких замыканий – 3 %. Большинство аварий на АЭС случалось по причине технических неисправностей – 18, по вине персонала – 7, из-за стихийного бедствия (землетрясения) – 4, из-за сбоя автоматики – 2 и одна авария была связана с коротким замыканием.



Рис. 5. Основные причины возникновения аварийных ситуаций на АЭС

Наибольшее количество аварийных ситуаций было зарегистрировано на реакторах типа «ВВЭР» – 12, из них 10 инцидентов и 2 аварии; «РБМК» – 6: из них 5 инцидентов и 1 авария; «PWR» – 5: из них 3 аварии и 2 инцидента; «BWR» – 4: из них 3 инцидента и 1 авария; «БН» – 1 (инцидент); «PHWR» – 1 (авария) (рис. 6).

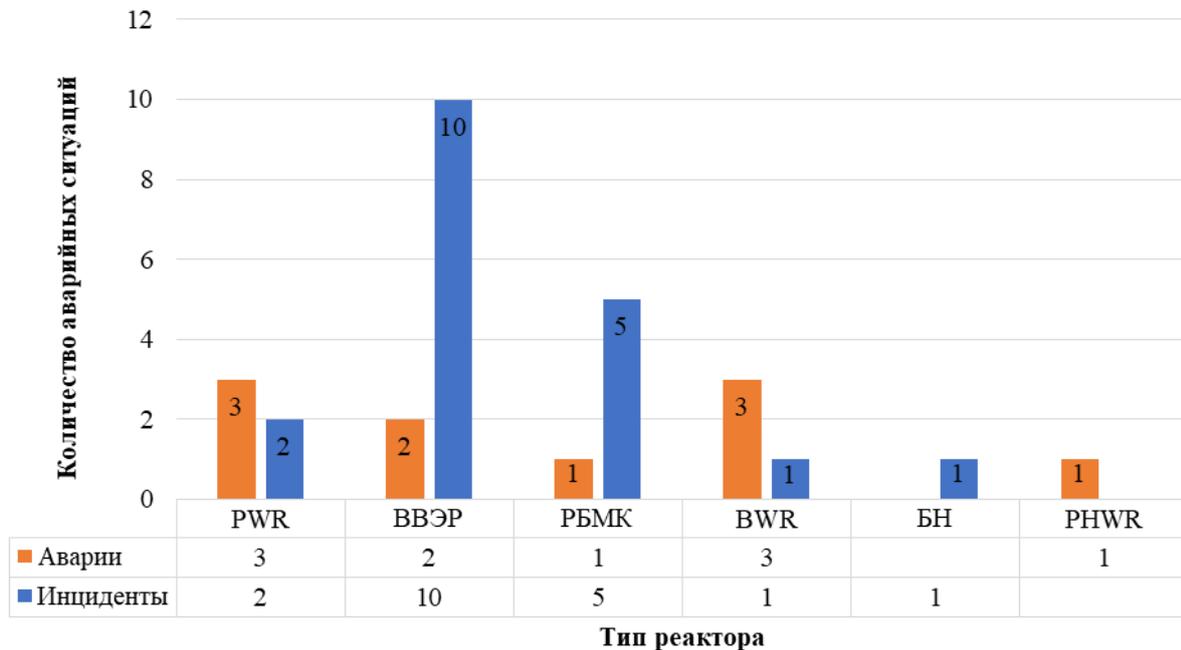


Рис. 6. Количество аварийных ситуаций на различных типах реакторов

Проведя системный и статистический анализ аварийных ситуаций на АЭС, произошедших в мире в период с 1992 по 2019 г., можно сделать вывод, что самое большое количество аварийных ситуаций произошло в 2008 г. – восемь случаев. Наибольшее количество аварий и инцидентов было в таких странах как Россия – 41 %, Япония – 11 %, Мексика – 9 % и Франция – 9 %. Основными объектами возникновения аварийной ситуации становились трансформаторы и кабельные каналы (20 % всех аварийных ситуаций), отказ систем управления и сбой автоматики – 11 %. Основными причинами возникновения аварий были технические неисправности (56 % всех аварийных ситуаций: неисправности паропроводной системы, кабельных каналов, утечка охлаждающей жидкости, дефекты главного циркуляционного насоса). Наибольшее количество аварийных событий произошло на реакторах типа «ВВЭР» – 12, «РБМК» – 6, «PWR» – 5 [12].

Безопасность АЭС зависит от множества факторов, начиная от технических неисправностей, ошибочных действий обслуживающего персонала и заканчивая различными стихийными бедствиями. Для обеспечения безопасности АЭС необходимо учитывать не только безотказную работу всех защитных устройств, но и полную исправность узлов охлаждающей сети, вентилях, трубопроводов и других технических устройств, чтобы при аварийных ситуациях обеспечивалась полная надежность всей сложной системы радиационной защиты [13–15].

Литература

1. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»: официальный сайт. URL: <http://www.rosatom.ru> (дата обращения: 11.08.2021).
2. МАГАТЭ. PRIS – отчеты о состоянии ректоров. URL: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx> (дата обращения: 11.08.2021).
3. Хорзова Л.И. Пожарная безопасность радиационно-опасных объектов: учеб. пособие. Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2018. С. 4–5.

4. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. Министерство Рос. Федерации по атомной энергетике. М., 2001. С. 20–28.
5. Рачков В.И. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века. М.: Изд-во ЦНИИАТОМ, 2001. С. 20–28.
6. Аварийные ситуации на АЭС в США, России и в странах западной Европы за период 1972–1982 годы / С.А. Титов [и др.]: сб. статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 256–258.
7. Соловьева С.П. Аварии и инциденты на атомных электростанциях: учеб. пособие / под общ. ред. ИАТЭ. Обнинск, 1992. С. 198.
8. Польский В.И., Якушин В.Л., Чернов И.И. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики: учеб. пособие / Б.А. Калинин [и др.]. М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2010. С. 49.
9. МАГАТЭ. Авария на АЭС «Фукусима-Дайити»: доклад Генерального директора. Австрия, Вена, 2015. С. 14–127.
10. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.]; под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. М., 2001. С. 752.
11. Проблемы безопасности атомной энергетики. Уроки Чернобыля: монография / Б.С. Пристер [и др.]. Чернобыль, 2016. С. 71–77.
12. Экологические последствия при возможной запроектной аварии на атомных электростанциях с реакторами типа РБМК-1000 и ЭГП-6 / А.М. Кобелев [и др.]: сб. статей материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 391–394.
13. МАГАТЭ. Уроки реагирования на радиационные аварийные ситуации (1945–2010 годы). Вена, 2013. С. 97–142.
14. МАГАТЭ. Безопасность атомных электростанций: проектирование, серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1. Вена, 2012.
15. Barbin N.M, Titov S.A., Kobelev A.M. Accidents that Occurred at Nuclear Power Plants in 1952–1972. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 666, 2021. DOI:10.1088/1755-1315/666/2/022018.

УДК 519.685.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**И.И. Пивоварова, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Описана разработка и использование программного приложения для обоснованного подбора фильтра из типового ряда. Программа предназначена для расчета конструкционных и гидравлических параметров ионитного параллельноточечного фильтра, используется в схемах умягчения и деминерализации воды на водоочистных сооружениях объектов теплоэнергетики. Обозначены необходимые исходные данные, приведены формулы, на основании которых составлен алгоритм, разработаны логические структуры. Показана важность работы в сфере техногенной безопасности для обеспечения надежной и эффективной работы энергокомплексов. Описана возможность применения разработанного программного приложения при обучении, а также непосредственно в рабочих условиях.

Ключевые слова: автоматизация, фильтры, система водоочистки, программное приложение, энергетика, техногенная безопасность

AUTOMATION OF CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE INDUSTRIAL WATER TREATMENT SYSTEM FOR ENERGY ENTERPRISES

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

The article describes the development and use of a software application for a reasonable selection of a filter from a type range. The program is intended for calculating the structural and hydraulic parameters of an ion-exchange parallel-point filter used in water softening and demineralization schemes at water treatment plants of power plants, industrial and heating boilers. The necessary initial data are indicated, formulas are given on the basis of which the algorithm is compiled, logical structures are developed. The importance of work in the field of technogenic safety is shown to ensure reliable and efficient operation of energy complexes. The possibility of using the developed software application during training, as well as directly in working conditions, is described.

Keywords: automation, filters, water treatment system, software application, energy, industrial safety

Современное развитие энергетики требует использования огромного количества различных ресурсов, в том числе воды. Вода используется как теплоноситель, разбавляющий и охлаждающий компонент. Каждое отдельное производство или технология требует производства воды определенного качества. Соблюдение водного режима – одна из ключевых задач по обеспечению надежной и безопасной работы энергокомплексов. Срок службы всего оборудования зависит от чистоты теплоносителя, даже небольшие отклонения от норм могут привести к усилению коррозии, ухудшению теплоотдачи и преждевременному выходу из строя [1, 2].

В статье описывается разработанное программное приложение для автоматизации расчёта параметров фильтра очистки воды. Рассматривается фильтр типа ФИПа – фильтр ионитный параллельноточный. Такие фильтры «применяются в схемах умягчения и обессоливания воды на водоподготовительных установках электростанций, промышленных и отопительных котельных. Ионитные фильтры предназначены для обработки воды с целью удаления из нее катионов накипеобразователей (Ca^{2+} и Mg^{2+}) в процессе водород-натрий-катионирования или аммоний-натрий-катионирования, а также сульфатных, хлоридных и нитратных анионов в процессе обессоливания природных вод» [3].

Для систем питательной воды котлов высокого давления и многих технологических систем энергетических комплексов требуется почти полное удаление всех ионов, включая углекислый газ и кремнезем [4]. Ионообменные системы используются для эффективного удаления растворенных ионов из воды. Поэтому неудивительно, что ионообменные технологии занимают основную долю в очистке воды на действующих в настоящее время электростанциях и тепловых установках не только в России, но и в странах Европы [5].

Теоретическая часть

«Иониты – твердые нерастворимые вещества, способные обменивать свои ионы на ионы из окружающего их раствора. Обычно это синтетические органические смолы, имеющие кислотные или щелочные группы. Иониты разделяются на катиониты, поглощающие катионы, аниониты, поглощающие анионы, и амфотерные иониты, обладающие обоими этими свойствами. Широко применяются для опреснения вод» [6].

Фильтр состоит из:

1. Корпуса.
2. Нижнего и верхнего распределительных устройств.
3. Трубопроводов.
4. Запорной арматуры.
5. Пробоотборных устройств.

Очистка (фильтрация) у ФИПа I ступени (доочистка у ФИПа II ступени) входящего потока от растворенных ионных примесей происходит за счет обмена катионов металлов (анионов кислотных остатков) на эквивалентное количество катионов Na^+ или H^+ (анионов Cl^- или групп OH^-) в зернах фильтрующего материала (катионита или анионита). После завершения фильтрации фильтр останавливается и отключается от рабочего коллектора. Проводится технологическая операция взрыхления ионита, предназначенная для устранения его уплотнения. После взрыхления производится операция регенерации ионита [7]. Данная техническая схема действия водоочищающего фильтра достигается при его производстве и описывается всеми поставщиками оборудования.

Расчетная часть

В качестве математического аппарата для расчета параметров фильтра обычно используется метод Ю.И. Дытнерского (в соответствии с Пособием к СНиП 2.04.03-85), когда полученное по исходной группе данных значение гидравлических характеристик сопоставляется с теоретическим значением при требуемой степени очистки [8, 9]. Для определения объема и высоты псевдооживленного слоя ионита, а также других необходимых технических значений требуется расчет уравнения изотермы сорбции, вычисление скорости потока жидкости, лимитирующего диффузионного сопротивления и среднего времени пребывания частиц ионита в аппарате. То есть алгоритм расчетов достаточно громоздкий (с большим количеством формул и промежуточных справочных характеристик) и требует значительной потери рабочего времени. Поэтому для автоматизации процесса подбора параметров для фильтра из типового ряда была поставлена задача создания программного приложения.

Разработка программного приложения

Проект разработан на языке программирования Java с применением современных техник программирования, таких как анонимные функции (также известные как лямбда-выражения), динамические массивы, хеш-таблицы. Используются возможности, доступные в *Java SE 8*. Применена схема *MVC (Model-View-Controller)*, предполагающая разделение программного кода на три части, описывающих соответственно визуальный компонент, отображаемый на экране, так называемый контроллер, то есть часть программного кода, обеспечивающую согласование между визуальной и расчетной частями, и непосредственно часть кода, реализующую бизнес-логику. Внешний вид директории проекта приведен на рис. 1.

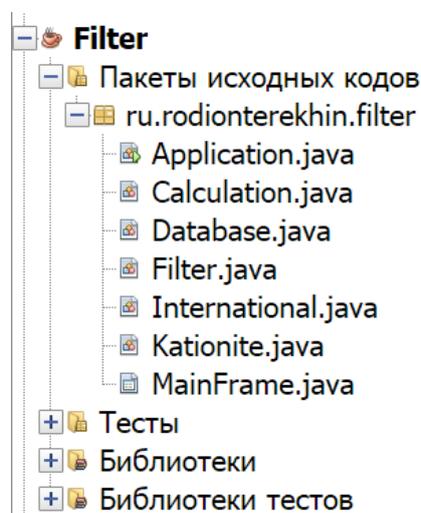


Рис. 1. Директория проекта Filter

Алгоритм выглядит следующим образом:

1. Прочитать с формы необходимые параметры, достаточные для дальнейших расчётов.
2. Найти диаметр фильтра.
3. Выполнить поиск по базе данных для уточнения диаметра.
4. Выполнить дальнейшие расчёты, в которые входит уточнённое значение диаметра.
5. Вывести результат на форму.

Таким образом, возникает необходимость в следующих структурах: фильтр, катионит – представляют собой запись таблицы; в следующих классах: приложение, координирующее работу, форма – визуальное отображение информации на экране, класс, выполняющий необходимые расчёты, база данных – загружает из файлов и по определённым запросам выдаёт необходимую информацию. Дополнительно введён один служебный класс, также представляющий базу данных, которая в ответ выдаёт строки на русском и английском языках.

Интерфейс и порядок работы с программой

Класс *Application* имеет метод *main(String[] args)*, который является точкой входа в программу. В этой процедуре инициализируются базы данных, затем выводится экранная форма, на чём выполнение этой процедуры завершается. При вызове метода показа формы запускается отдельный поток, который в цикле обрабатывает экранные события и вызывает методы, которые подписались (используется шаблон программирования *Listener*). При нажатии на кнопку «Расчёт» происходит проверка введённых значений, и если они соответствуют логике задачи, то выполняется обращение к классу *Application* для выполнения вычислений – вызывается метод *process()*, аргументы которого – исходные параметры. Таким образом, выполняется разделение: для работы формы непосредственно не требуется модуль, выполняющий расчёты, и, наоборот, расчётная часть никоим образом не связана с реализацией формы.

Основной класс проекта делает последовательные обращения к классу расчётов, классу базы данных и снова к расчётному классу для определения выходных параметров. Затем полученные значения передаются форме, на которой и отображается информация.

Порядок работы с программой:

1. Пользователь запускает программу, на экран выводится основная форма приложения (рис. 2).

Рис. 2. Основная форма приложения (английский язык)

2. При желании работать на русском языке пользователь при помощи меню File → Language → выбирает русский язык интерфейса.
3. Пользователь вводит требуемые параметры, определяющие режим работы фильтра, катионит и уровень загрязнения воды.
4. Программа проверяет введённые значения, и в случае успешного прохождения проверки выполняется расчёт. Рассчитанные значения помещаются в нижней части экранной формы (рис. 3).

Рис. 3. Форма с вычисленными значениями

5. Для выхода из программы необходимо нажать на кнопку «Выход», на пиктограмму закрытия окна либо при помощи пункта Файл → Выход.

Практическая значимость проведенных работ по разработке программного приложения очевидна и заключается в упрощении и автоматизации расчетов параметров очистного фильтра. Для разработанного программного приложения получено Свидетельство о государственной регистрации и его работа апробирована в учебном процессе.

Грамотный подбор параметров фильтра для системы водоочистки может не только улучшить экономическую составляющую деятельности энергетического комплекса, но и очень важен в сфере техногенной безопасности. Ионные примеси могут серьезно повлиять на надежность и эффективность работы всей технологической системы [12]. Ионы жесткости, такие как кальций и магний, должны быть удалены из системы водоснабжения, прежде чем ее можно будет использовать в качестве питательной воды в энергетической системе. Перегрев, вызванный накоплением накипи или отложений, образованных этими примесями, может привести к катастрофическим отказам труб, дорогостоящим производственным потерям и незапланированным простоям.

Литература

1. Повышение эффективности водоочистки – путь к экологической безопасности и ресурсосбережению / В.Г. Старчак [и др.] // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 3. С. 48–53. DOI: 10.23968/2305–3488.2018.20.3.48–53.
2. Daniela Choshnova. Improving of the water preparation systems in the industry thermal power plants // NCTAM 2017, MATEC Web of Conferences. 2017. № 145. P. 1–7. DOI: 10.1051/matecconf/201814505016.
3. Нуруллин Ж.С., Шешегова И.Г. Расчет и проектирование установок водоподготовки. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2015. С. 28–34.

4. Modeling an automated management system of technological processes in public energetics / A.V. Bondarev [and etc.] // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515. DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/05500.

5. Jaromír Marek. State-of-the-Art Water Treatment in Czech Power Sector: Industry-Proven Case Studies Showing Economic and Technical Benefits of Membrane and Other Novel Technologies for Each Particular Water Cycle // Membranes (Basel). 2021. № 11 (2). С. 98–120.

6. Вергун А.П. Ионообменные технологии // Томский политехнический университет. 2017. 109 с.

7. Технические характеристики ФИП. URL: <https://www.teko-filter.ru/production/filtr-dly-ochistki> (дата обращения: 15.07.2021).

8. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1991. 496 с.

9. Массообменные процессы / Г.А. Николаев [и др.]: учеб. пособие. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. 238 с.

10. Штриплинг Л.О., Туренко Ф.П. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. 192 с.

11. Клапшин Ю.П. Умягчение воды ионообменным и барометрическим методами. Н. Новгород, 2011. 29 с.

12. Ansorge L., Zeman M. Model of Water Needs for Energy Production // Statistika. 2016. № 96. P. 36–46.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 62-672

РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

**А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;
Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Выявлены факторы и установлены показатели работоспособности фланцевых соединений в части обеспечения их герметичности. Проанализировано действие сил на прокладку фланцевого соединения. Представлена расчетная схема фланцевого соединения. Сформирована расчетная модель, позволяющая поддержать герметичность фланцевого соединения.

Ключевые слова: герметичность, прокладка, фланец, усилие затяга

CALCULATION MODEL OF THE TIGHTNESS OF THE FLANGE CONNECTION

A.A. Kuzmin; T.A. Kuzmina.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Factors have been identified and indicators of the operability of flange connections in terms of ensuring their tightness have been established. The effect of forces on the laying of the flange connection is analyzed. The design scheme of the flange connection is presented. A calculation model has been formed that allows maintaining the tightness of the flange connection.

Keywords: tightness, gasket, flange, tightening force

Главной особенностью фланцевых соединений является достаточная надежность при воздействии нагрузки динамического характера и относительно простая процедура контроля эффективности соединения [1, 2]. Фланцевые соединения находят широкое применение в отраслях промышленности, связанной с оборотом жидкостей и газов, прежде всего, химической и нефтеперерабатывающей, а также энергетике [3]. Это обусловлено простотой монтажа таких соединений и удобством их текущего обслуживания, а также возможностью поддержания надежности трубопроводных соединений в течение достаточно длительного периода их эксплуатации.

Достаточно широко распространены фланцевые соединения в затворной арматуре, в которой обычно присутствует уплотнительная прокладка между фланцами. Фланцы стягиваются крепежными шпильками (как вариант крепежными болтами), которые создают необходимое стягивающее усилие при сборке фланцевого соединения, тем самым обеспечивается необходимая герметичность крышки технологического аппарата или трубопроводной магистрали. Поскольку прокладки должны поддерживать необходимую герметичность, а фланцы и крепежные шпильки – жесткость и прочность фланцевого соединения, то материалы, из которых выполняются эти детали, должны иметь различные физико-механические характеристики.

Расчет фланцевых соединений является достаточно сложной задачей, поскольку их конструкция, как правило, не предусматривает необходимую компенсационную способность, что и обуславливает необходимость обеспечения достаточно высокой точности при их изготовлении, поскольку возможные погрешности при производстве соединения в случае превышения допустимых значений могут проявиться в форме нарушения герметичности соединения.

В ходе эксплуатации фланцевых соединений на их отдельные детали:

- воздействует давление транспортируемой газовой или жидкостной среды;
- происходит тепловое воздействие транспортируемой газовой или жидкостной среды в виде их нагревания или охлаждения;
- нагрузка на детали фланцевого соединения, созданная в ходе проведения монтажных операций или технического обслуживания, по мере релаксации может уменьшаться [4].

Главным показателем работоспособности фланцевых соединений является герметичность как способность аппаратов, машин, арматуры и фурнитуры трубопроводов сохранять непроницаемость своих стенок и узлов разъемных соединений по отношению к рабочей или окружающей среде, что требует корректных решений при выборе материала прокладки и учета влияния действующих усилий в процессе эксплуатации фланцевого соединения [5].

Непременным условием поддержки необходимой герметичности фланцевых соединений является подбор материалов уплотнителей, соответствующих условиям их эксплуатации, так что сохранение эксплуатационных характеристик материала уплотнителя является критерием работоспособности не только трубопроводных магистралей, но и регулируемых дросселей, пробковых кранов, разнообразных вентилях, прямооточных задвижек, в которых уплотнение предполагает использование соответствующих уплотнителей [6].

Герметичность соединения (рис. 1) обеспечивается наличием прокладки (2) из более мягкого материала, чем материал сжимаемых силой F поверхностей фланцев (1) и (3). При сжатии между поверхностями прокладки и фланцев образуется капиллярно-пористое тело, фильтрационная способность которого зависит от шероховатости фланцев, жесткости прокладки и усилия прижатия, то есть от того, насколько полно материал прокладки заполняет неровности на поверхности фланцев.

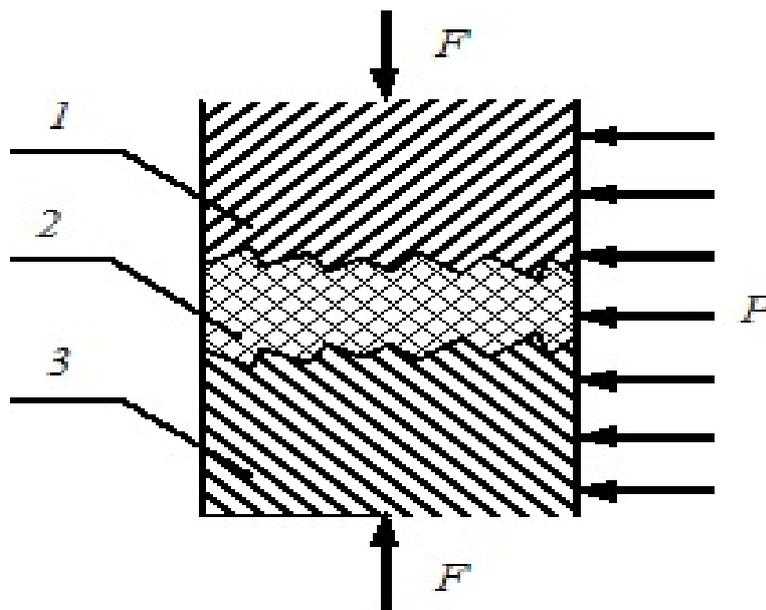


Рис. 1. Действия сил на прокладку фланцевого соединения

В источниках [1, 2] подробно описано, как выбрать материал прокладки. Рассмотрим работу фланцевого соединения, расчетная схема которого представлена на рис. 2.

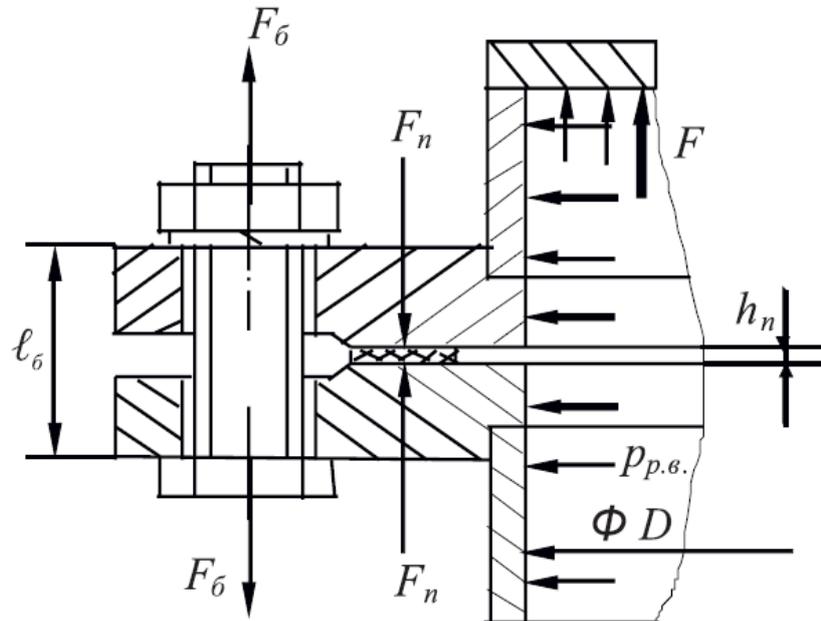


Рис. 2. Схема расчета фланцевого соединения

Для используемых в реальных конструкциях фланцевых соединений в качестве материала шпилек, болтов и фланцев, как правило, применяют разнообразные сорта стали, физико-механические характеристики которых обычно детерминированы. Длина крепежных шпилек или болтов, определяемая как расстояние между торцами гаек в случае шпилек и расстояние между головкой болта и гайкой в случае болтового соединения, должна превышать сумму толщин обеих фланцев и прокладки. Иногда отсчет длины болта ведут от середины гайки, но это не принципиально. Фланцы считаем абсолютно жесткими, а сборку при отсутствии перекосов – идеальной.

При монтаже после сборки и затягивания гаек болтовых соединений на все вместе взятые болты действует усилие $F_{б1}$, а на прокладку – $F_{п1}=F_{б1}$. При этом каждый болт удлиняется на величину:

$$\Delta l_{б1} = \frac{F_{б1} \cdot l_{б}}{E_{б} \cdot A_{б}} = F_{б1} \cdot \lambda_{б}$$

где $l_{б}$ – приведенная длина болта или шпильки, м; $E_{б}$ – модуль упругости для материала болтового соединения, Па; z – количество болтов или шпилек; d_1 – внутренний диаметр резьбы болта или шпильки, м; $\lambda_{б}$ – податливость всех деталей болтового соединения, м/Н; $A_{б}$ – площадь поперечного сечения всех болтов или шпилек, м²:

$$A_{б} = \frac{z \cdot \pi \cdot d_1^2}{4}$$

Величина сжатия прокладки определяется уравнением:

$$\Delta h_{п1} = \frac{F_{п1} \cdot h_n}{E_n \cdot A_n} = F_{п1} \cdot \lambda_n$$

где h_n – высота (толщина) прокладки, м; E_n – модуль упругости материала прокладки, Па; $A_n = \pi \cdot D_c \cdot b$ – площадь герметизируемой поверхности прокладки, м²; D_{cp} – средний диаметр прокладки, м; b – ширина прокладки, м; λ_n – податливость материала прокладки, м/Н.

Для большинства материалов, используемых при производстве прокладок, значение модуля упругости не связано прямой зависимостью, описываемой законом Гука, то есть зависимость величины деформации материала прокладки от нагрузки носит нелинейный характер. Поэтому при расчетах фланцевых соединений, как правило, применяют усредненное значение модуля упругости материала прокладки между принятыми начальным и конечным значениями физического нагружения фланцевого соединения.

Период эксплуатации фланцевого соединения начинается с подачи на него рабочего давления $P_{p.в.}$, из которого следует появление некой вертикальной силы F :

$$F = p_{p.в.} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

где D – внутренний диаметр фланца, м.

После приложения силы F удлинение болта составляет:

$$\Delta l_{\sigma 2} = F_{\sigma 2} \cdot \lambda_{\sigma},$$

а сжатие прокладки:

$$\Delta h_{n2} = F_{n2} \cdot \lambda_n.$$

Сила F дополнительно растягивает болт на:

$$\Delta l_{\sigma 2} - \Delta l_{\sigma 1} = (F_{\sigma 2} - F_{\sigma 1}) \cdot \lambda_{\sigma},$$

при этом прокладка разожмется на:

$$\Delta h_{n1} - \Delta h_{n2} = (F_{n1} - F_{n2}) \cdot \lambda_n,$$

учитывая, что $F_{\sigma 2} = F_{n2} + F$, а болты дополнительно растягиваются на такую же величину, на которую разожмется прокладка, получим:

$$(F_{\sigma 2} - F_{\sigma 1}) \cdot \lambda_{\sigma} = (F_{n1} - F_{\sigma 2} + F) \cdot \lambda_n,$$

откуда

$$F_{\sigma 2} \cdot \lambda_{\sigma} - F_{\sigma 1} \cdot \lambda_{\sigma} = F_{\sigma 1} \cdot \lambda_n - F_{\sigma 2} \cdot \lambda_n + F \cdot \lambda_n,$$

из этого следует, что

$$F_{\sigma 2} \cdot (\lambda_{\sigma} + \lambda_n) = F_{\sigma 1} \cdot (\lambda_{\sigma} + \lambda_n) + F \cdot \lambda_n,$$

следовательно,

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + \frac{\lambda_n}{\lambda_{\sigma} + \lambda_n} \cdot F = F_{\sigma 1} + \chi \cdot F,$$

где χ – коэффициент внешней нагрузки, который учитывает ту долю от силы F , которая воспринимается болтами.

Работу фланцевого соединения иллюстрирует график на рис. 3.

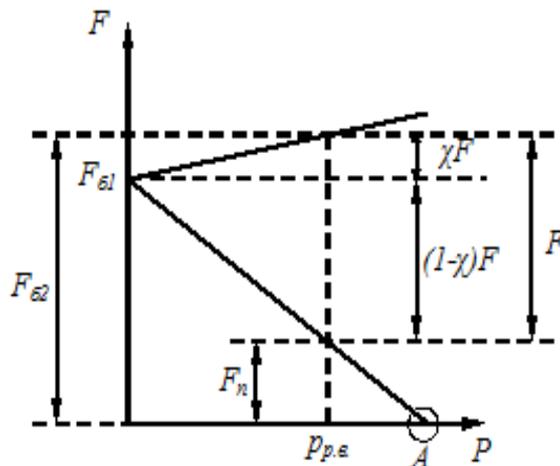


Рис. 3. Диаграмма жесткости фланцевого соединения

Если первичное усилие затяга составляло F_{61} , то при подаче давления $P_{p.в.}$ сила:

$$F = p_{p.в.} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4},$$

а болтовое усилие F_{62} составит:

$$F_{62} = F_{61} + \chi \cdot F.$$

Величина χ обычно составляет $0,2 \div 0,3$, усилие затяга $F_{61} \approx (1,3 \div 2,5) F$ [6]. Герметичность фланцевого соединения обеспечивается созданием удельного давления:

$$q = \frac{F_n}{A_n}$$

на стыке прокладки и фланца. Условие герметизации при этом принимает вид:

$$q \geq q_{\Gamma},$$

где q_{Γ} – удельное давление герметизации, определяемое опытным путем.

Рис. 4 иллюстрирует связь удельных давлений герметизации и рабочей среды.

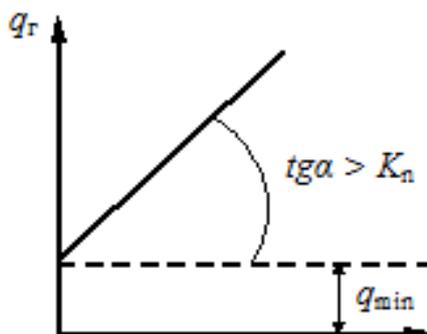


Рис. 4. Зависимость удельного давления герметизации от давления рабочей среды

Для полимерных материалов q_{\min} составляет 0,1–0,5 от предела текучести. При меньших нагрузках материал прокладки не заполняет неровностей на поверхности фланца, и целесообразно применение более мягкого материала, а при $q_{\min} > 0,5 \sigma_T$ имеет место ускоренная ползучесть, особенно для фторопластов, полиолефинов, полиамидов [7]. Отожженная медь, паранит, алюминий менее склонны к ползучести, чем полимеры и более устойчивы к тепловым воздействиям, но имеют свои недостатки. Величины q_{\min} и K_n являются справочными и содержатся в литературе [1]. Окончательно условие герметичности имеет вид:

$$q = \frac{F_n}{A_n} \geq q_G = q_{\min} + K_n \cdot P_{p.v.}$$

Для конкретного фланцевого соединения после выбора материала прокладки на основе рекомендованного в источниках [1, 2] анализа условий работы можно определить предельные условия эксплуатации (наибольшее давление рабочей среды) данного соединения. Точка А на диаграмме (рис. 3) соответствует отсутствию усилия прижатия прокладки и фланцев. В таком случае возможно раскрытие стыка, то есть заведомая потеря работоспособности.

Длительная и безаварийная эксплуатация фланцевых соединений требует постоянного и систематического обслуживания. Падение удельных давлений вследствие релаксации и других причин можно предотвратить подтягиванием гаек. Контроль герметичности следует осуществлять специальными искателями течи или мыльной эмульсией. При работе с сильно пахнущими или специальными веществами-одорантами этот контроль осуществлять проще [8].

Длительная безаварийная работа технологических аппаратов и трубопроводов, определяемая сохранением герметизации фланцевых соединений, в значительной степени зависит от правильной посадки в гнезде уплотнительных элементов, что требует от геометрических размеров уплотнителя соответствия геометрическим размерам соответствующего гнезда и исключает возможные «утечки» жидкостной или газовой среды. Соблюдение этого правила может повысить работоспособность фланцевого соединения в несколько раз. Однако выбор оптимального для данного фланцевого соединения материала уплотнителя основан на известных деформационных характеристиках, которые требуют соответствующих экспериментальных исследований с последующим обобщением полученных результатов [9, 10]. При выборе материала уплотнения фланцевых соединений корректные критерии герметизации являются неременным условием решения основной задачи конструирования.

Литература

1. Справочник машиностроителя: в 6 т. / под ред. Э.А. Сатя. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1964. 540 с.
2. Божко Г.В. Совершенствование герметичных разъемных соединений с уплотняющими элементами из материалов с зависящими от нагрузки физико-механическими свойствами: дис. ... д-ра техн. наук. Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2010. 357 с.
3. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.
4. Божко Г.В., Черемухин В.В., Скопинцев И.В. Компенсация температурных нагрузок во фланцевом разъемном соединении // Вестник ТГТУ. 2017. Т. 23. № 1. С. 165–169.
5. Impact of thermoelastik deformation on work of rotating preventers sealing / M.B Babanlı [and ets.] // Science and Education: Materials of the XII international research and practice conference. 2016. S., Munich, Germany, 2016. P. 42–54.

6. Авдеев В.В., Ионов С.Г., Токарева С.Е. Новые уплотнительные материалы из терморасширенного графита для повышения надежности и эффективности эксплуатации энергетического оборудования // *Научные технологии*. 2015. № 1. С. 24–28.
7. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. М.: Высш. шк., 2008. 408 с.
8. Кузьмин А.А., Тимощук А.С. О выборе критериев оценки герметизирующей способности полимерных материалов. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1981. 11 с.
9. Продан В.Д. Герметичность разъемных соединений оборудования, эксплуатируемого под давлением рабочей среды: монография. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2016. 280 с.
10. Calculation method of hermetic seal assembly parameters of the packer used during repairing wells / V.T. Mammadov [and ets.] // *Science and Education: Materials of the XII international research and practice conference*. 2016. S., Munich, Germany 2016. P. 95–102.

УДК 614.841.47

К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ МЕСТ ХРАНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Г.Б. Свидзинская, кандидат химических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

М.В. Штепа.

Главное управление МЧС России по Тамбовской области

Рассмотрена проблема отрицательного воздействия мест хранения твердых отходов на окружающую среду. Проанализирована динамика прироста накопления твердых отходов и связанных с этим возгораний мусора на свалках и полигонах. Отмечено, что, несмотря на стартовавшую в России в 2019 г. «мусорную реформу», именно полигоны и свалки, предназначенные для изоляции и обезвреживания мусора, еще долгое время будут гарантировать населению санитарно-эпидемиологическую безопасность, а вопросы снижения пожарной опасности останутся одной из важнейших проблем в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами.

Ключевые слова: твердые отходы производства и потребления, свалки и полигоны твердых коммунальных отходов, загрязнение окружающей среды, пожарная опасность

ON THE ISSUE OF FIRE AND ENVIRONMENTAL HAZARDS OF SOLID PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE LANDFILLS IN THE RUSSIAN FEDERATION

G.B. Svidzinskaya. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

M.V. Shtepa. Chief directorate of EMERCOM of Russia in the Tambov region

The problem of the negative impact of solid waste landfills on the environment is considered. The dynamics of the accumulation of solid waste increase and related garbage fires in landfills are analyzed. It is noted that despite the «garbage reform» launched in Russia in 2019, landfills are still designed for isolation and disposal of garbage and going to guarantee sanitary and epidemiological safety to the population for a long time. Thereby the issue of fire risk reduction remains one of the most important problems of solid municipal waste management.

Keywords: production and consumption solid waste, solid municipal waste landfills, environmental pollution, fire risk

Согласно экспертным оценкам Совета при Президенте по развитию гражданского общества и правам человека, в России насчитывается около 15 тыс. официальных и неофициальных свалок, которые занимают общую площадь, равную 4 млн га. По данным Росприроднадзора страна много лет копила отходы производства и потребления, и с каждым годом ситуация только усугубляется (рис. 1) [1–3]. Ежегодно под растущие объёмы твёрдых отходов и, прежде всего, твёрдых коммунальных отходов (ТКО) требуются новые земли. По некоторым оценкам объёмы «накоплений» твердых отходов достигают 100 млрд т. В связи с тем, что катастрофически не хватает полигонов для их складирования и захоронения, популярностью пользуется практика формирования несанкционированных свалок, что пагубно влияет на состояние окружающей среды. По статистике один россиянин в среднем производит 350 кг мусора ежегодно, а в крупных городах эта цифра достигает 500 кг, и к 2050 г. свалки могут занять 1 % территории страны [4].

Твердые отходы условно делятся на две группы: отходы производства и отходы потребления. Первые образуются в результате производственной деятельности и представляют собой однородное по составу сырье и материалы, побочные продукты технологических процессов. Основная часть таких отходов приходится на добывающую промышленность и энергетический сектор и утилизируется самими предприятиями. На полигоны и свалки поступает не более 5 % отходов производства [5, 6].

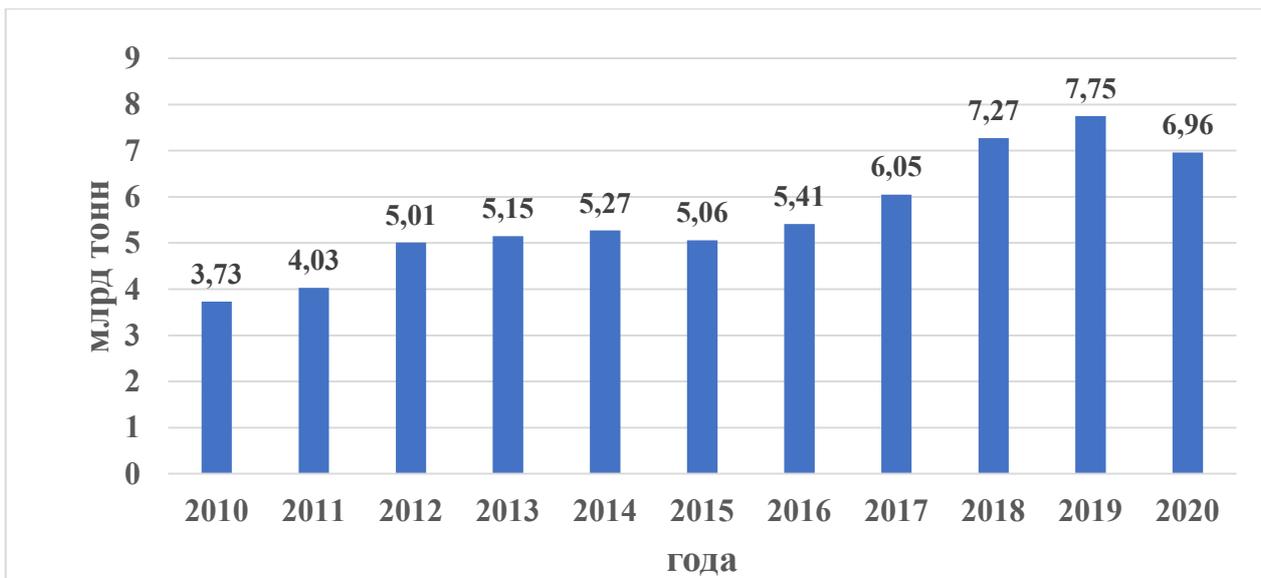


Рис. 1. Динамика образования твердых отходов производства и потребления в Российской Федерации в период с 2010 по 2020 г.

Отходы потребления, и прежде всего ТКО, представлены разнородными материалами. Их морфологический состав меняется в зависимости от места сбора и сезона, климатических условий местности и развитости территории, доходов и сферы занятости населения, состояния рынка вторичного сырья, но в основном ТКО состоят из бумаги и картона, пищевых отходов, стекла, черного и цветного металлолома, пластмассы, древесины, резины, кожи, текстиля, строительного мусора, камней и костей [7]. Улучшение качества жизни населения неизбежно ведет к росту объемов коммунальных отходов и соответственно захвату территории, используемой для их захоронения (рис. 2).

60–80 % морфологического состава ТКО представляет собой потенциальное сырье для использования в промышленности (35–45 %) или компостирования (25–35 %). Однако сортировка перевезённых в одном мусоровозе отходов позволяет на сегодняшний день

извлечь лишь 11–15 % вторичных ресурсов. Рынок переработки ТКО в Российской Федерации практически не развит. Согласно докладу аудитора Счетной палаты Михаила Меня, несмотря на начатую в 2019 г. реформу обращения с отходами, ситуация остается неблагоприятной [8].

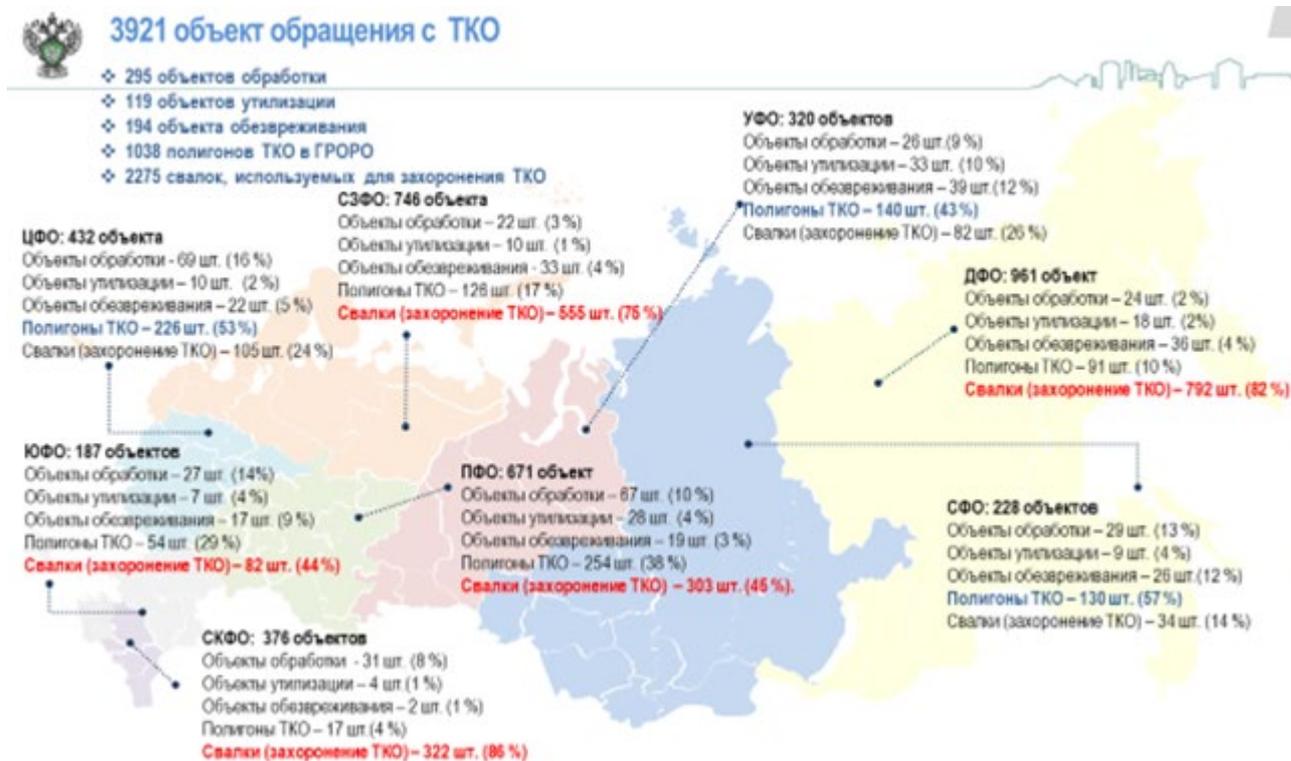


Рис. 2. Объекты обращения с твердыми коммунальными отходами по регионам Российской Федерации [2]

90–92 % ТКО до сих пор подлежит захоронению на полигонах и свалках, не более 1,8 % поступает на сжигание и лишь около 7 % подвергается промышленной переработке. При сегодняшних темпах роста ТКО (1–2 % в год) существующие мощности полигонов в 17 субъектах Российской Федерации будут исчерпаны до 2022 г., а в 15 – до 2024 г.

Несмотря на то, что ТКО составляют около 1 % от всего объема твердых отходов (в 2019 г. в России их образовано 65 млн т), именно они представляют повышенную опасность для окружающей среды. С одной стороны, захламляются территории, которые могли бы быть использованы для сельскохозяйственных нужд, на полную утилизацию компонентов ТКО естественным путем требуются десятки лет. Механическое загрязнение зачастую сопровождается радиоактивным и бактериологическим. Разложение отходов приводит к образованию токсичных продуктов, загрязняющих воздушный, водный бассейн и почву. Процессы разложения и окисления сопровождаются выделением тепла, что ведет к тепловому загрязнению. Накопление горючих газов в условиях повышенных температур, в свою очередь, создает риск развития пожаров. Температура в теле свалки составляет обычно 40–50 °С, а нередко достигает 70–80 °С и выше, что способствует самовозгоранию мусора. Пламенное горение твердых отходов, идущее обычно при температурах 600–900 °С, наряду с длительными процессами тления приводит к образованию более токсичных соединений, чем при разложении мусора. Появление в продуктах горения ТКО таких веществ как диоксины, фураны, полихлорбифенилы и полиароматические углеводороды как раз и объясняется низкой температурой окисления отходов при пожаре на полигоне. Органические соединения в условиях нехватки кислорода и невысоких температур

не реагируют с окислителем полностью и не превращаются в диоксид углерода и воду, а образуют достаточно сложные, в том числе циклические молекулы, обладающие повышенной опасностью (табл.). Выбросы таких веществ при пожаре многократно превышают установленные санитарно-гигиенические нормы, а высокая концентрация токсичных веществ сохраняется в воздухе, загрязняя воду и почву в течение длительного периода времени после тушения [9–11].

Итышев И.К. и С.О. Потапова отмечают, что в течение первых 20 лет эксплуатации полигонов плотность мусора низкая, в образующиеся пустоты легко проникает воздух, в результате наблюдается очаговое возгорание и тление поверхностных слоев отходов. На заключительном эксплуатационном этапе и после закрытия полигона во время рекультивации интенсивно протекают процессы образования метана, что повышает взрывоопасность объекта [10].

Таблица. Состав и экологическая опасность ТКО

Компонент ТКО	Содержание, %	Теплота сгорания, кДж/кг	Срок разложения	Загрязняющие вещества, образующиеся при разложении и горении
Бумага, картон	38,2	9534,0–16885,7	От 1 месяца до 1 года	Углекислый и угарный газ, диоксид серы, сероводород, аммиак, оксиды азота, галогеноводороды, медь, свинец, кадмий, ртуть, никель, хром, соли таллия, соединения мышьяка, металлоорганические соединения, углеводороды и их галогенпроизводные (метан, этан, бензол, ксилол, циклические и полиароматические углеводороды, трихлорметан, четыреххлористый углерод, хлорбензол, полихлорбифенилы), органические кислоты, альдегиды, фенолы и хлорфенолы, диоксаны, дибензофураны
Пищевые отходы	28,6	3444,0–22332,7	Около 1 месяца	
Полимерные материалы	7,0	24486,0–30251,8	180–500 лет	
Текстиль	4,9	15792,0–22584,0	От 2 лет (натуральные ткани), до 100 лет (синтетические ткани)	
Дерево, листья	1,8	14532,0–20321,5	3–4 месяца	
Кости	1,0	Нет данных		
Кожа, резина	0,6	25852,0–31131,7	Кожа – 10 лет, резина – до 140 лет	
Стекло, керамика, камни	5,5	Не горит	Более 1 000 лет	Пыль, асбест, свинец и его соли
Строительные материалы, отсев, зола, шлак	8,7	4620,0–17053,3	До 100 лет	
Металлолом	3,7		Железо 10–20 лет, цветные металлы до 500 лет	Оксиды и соли металлов (свинца, кадмия, ртути, никеля, хрома)

Согласно статистике, в Российской Федерации по данным ФГБУ ВНИИПО МЧС России за период с 2016 по 2020 г. произошло 275 104 пожара с горением мусора на полигонах и открытых площадках, погибло 52 человека, материальный ущерб составил более 25 млн руб. (рис. 3). Из этого числа около 50 % занимают пожары мусора, сухой травы, стерни, тополиного пуха, более 27,5 % – площадок для мусора и мусорных контейнеров на территории жилых зон, 22,5 % – это пожары на свалках бытовых и промышленных отходов.

В 2019 г. МЧС России сообщило о 1 377,8 случаях возгораний мусора, а количество погибших составило 20 человек; в 2020 г. – о 1 368,2 случаях с 23 погибшими. Столь резкое увеличение числа возгораний и жертв объясняется новым порядком учета пожаров и их последствий согласно приказу МЧС России от 8 октября 2018 г. № 431 «О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий» [12, 13].

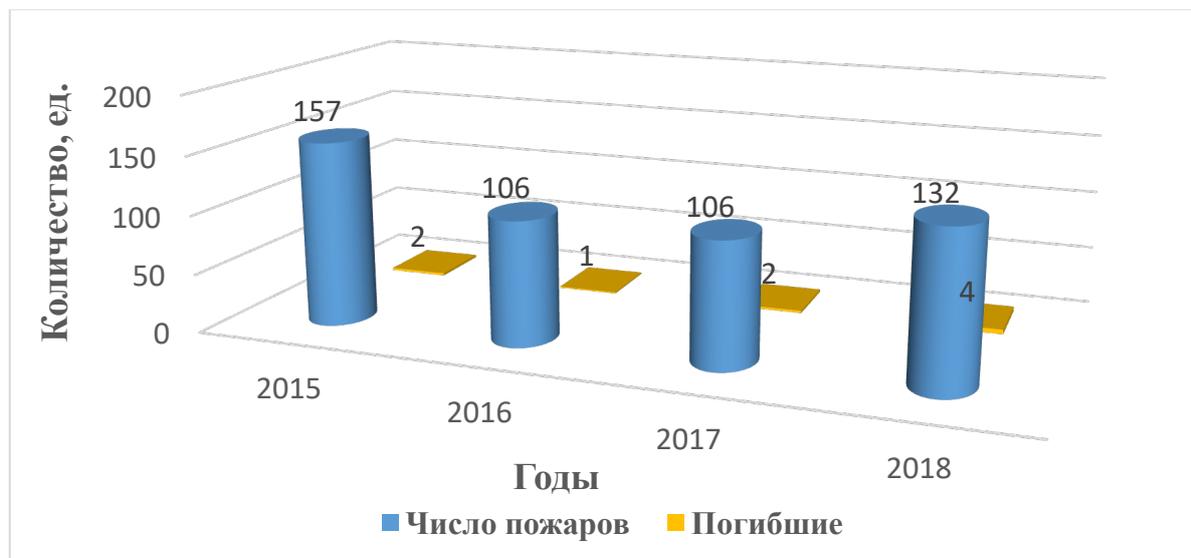


Рис. 3. Статистика пожаров мусора на территории Российской Федерации в период с 2015 по 2018 г.

Возгорания в местах хранения мусора, на свалках и полигонах в среднем составляют 30 % от общего количества пожаров (35 % – в крупных городах и 22 % – в сельской местности) и не носят, как правило, масштабного характера (пожары площадью до 50 м² составляют около 97–98 % от общего числа возгораний, 50–300 м² – около 3 %, более 300 м² – менее 1,5 %), однако из-за их большого количества происходит отвлечение средств пожарно-спасательных формирований, а затраты на тушение таких объектов измеряются десятками тысяч рублей в год. Большинство пожаров на местах хранения твердых отходов случается в пожароопасный период года (апрель–сентябрь), а именно приходится на май и июнь. Сложность тушения таких пожаров состоит в том, что даже после устранения открытого горения более глубокие слои мусора продолжают тлеть, выделяя токсичные продукты и создавая опасность повторного возгорания. В некоторых случаях такой пожар, переходящий в тление, не удается ликвидировать в течение нескольких дней и даже месяцев [11, 12, 14].

Крупные пожары, возникающие на местах хранения твердых отходов, требуют использования для их тушения большого количества как основной, так и специальной техники и сопровождаются серьезным загрязнением окружающей среды. Так, в июне 2011 г. в Санкт-Петербурге возник пожар на территории для хранения токсичных отходов Красный Бор, в июле 2019 г. горел полигон на территории деревни Захонье Волосовского района, в марте 2020 г. в том же районе загорелся полигон близ деревни Лепсари. В октябре 2020 г. подразделения МЧС России тушили серьезный пожар на полигоне для хранения ТКО на Волхонском шоссе, при этом было задействовано 14 единиц основной и 16 единиц специальной техники. Следует отметить, что предыдущее сильное возгорание на этом

полигоне было зафиксировано в июне 2013 г. В апреле 2021 г. рядом с деревней Калитино Волосовского района горел полигон твердых бытовых отходов, занимающий площадь 6 га. Пожар распространился на территорию более 700 м².

В соответствии с санитарными правилами на территории складирования и хранения не допускается сжигание твердых отходов, и должны быть приняты соответствующие меры по недопустимости их возгорания. Согласно исследованиям Т.А. Алешиной, А.Я. Жилинской, А.Е. Пепеляевой и Л.А. Казанцевой, основными причинами возникновения горения на полигонах и свалках твердых отходов являются:

- техногенные: чрезвычайные ситуации на прилегающих территориях, повлекшие за собой возгорание на месте хранения твердых отходов, ошибки при проектировании, невыполнение требований по дегазации полигонов, неисправность оборудования;
- природные и климатические;
- биологические и химические: экзотермические реакции, протекающие при окислении и разложении отходов, жизнедеятельность бактерий, развивающихся в ТКО;
- человеческий фактор: нарушение техники безопасности, ошибки при эксплуатации полигона, нарушение технологии складирования (отсутствие ежедневной засыпки и уплотнения), халатность, поджоги [4, 14, 15].

В результате горения и тления отходов в теле полигона возникают пустоты, провалы, оползни, нарушается работа дренажных устройств, свалочная толща минерализуется, что может привести к трагическим последствиям как для пожарных, так и для сотрудников полигона.

С 1 января 2019 г. в России стартовала «мусорная реформа», предполагающая выполнение необходимых нормативных, организационных и финансовых мероприятий с целью обеспечения развития системы обращения с отходами. Был взят курс на ликвидацию свалок, рекультивацию полигонов ТКО и развитие индустрии утилизации отходов с целью получения энергии при сжигании отходов, пиролизе и использовании свалочного газа, компостировании мусора и производстве продукции из вторичного сырья. Однако все эти проекты требуют колоссальных вложений как по проектированию, так и по строительству мусороперерабатывающих и мусоросжигательных комплексов. Несмотря на то, что в европейских странах органический компонент отходов давно является альтернативным источником получения тепла и энергии в хозяйственных целях, устойчивое самостоятельное горение ТКО возможно при теплоте сгорания более 7–8 МДж/кг. И хотя для большинства отходов это значение выше (табл.), проведенные исследования показали, что для среднего состава ТКО, состоящего из органической и неорганической части, первоначальная влажность не должна быть более 5 % без привлечения энергии извне, что достигается только с применением сушки отходов [16]. В результате более 90 % отходов в Российской Федерации все еще подвергаются захоронению на полигонах, а по данным Единой информационной системы государственно-частного партнерства около половины из всех проектов в сфере создания инфраструктуры по обращению с отходами, их обработки, утилизации и обезвреживания направляется в Российскую Федерацию на модернизацию и строительство полигонов ТКО [17]. Таким образом, именно полигоны ТКО еще долгое время будут гарантировать населению санитарно-эпидемиологическую безопасность, являться специальными природно-техногенными сооружениями, предназначенными для изоляции и обезвреживания мусора, а вопросы их экологической безопасности и решения проблем снижения пожарной опасности останутся одной из важнейших проблем в сфере обращения с твердыми отходами.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2019. 844 с.
2. Официальный сайт Росприроднадзора Рос. Федерации. URL: <https://rpn.gov.ru/> (дата обращения: 15.07.2021).
3. Шилкина С.В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2020. № 1. Т. 7. DOI: 10.15862/05ECOR120.

4. Пепеляева А.Е., Казанцева Л.А. Источники и причины пожарной опасности твердых бытовых отходов на территории Сорокинского района // Научная и производственная деятельность – средство формирования среды обитания человечества: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Тюмень, 2017. С. 243–245.
5. Об отходах производства и потребления: Федер. закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных законодательных актов (положений законодательных актов) Российской Федерации: Федер. закон от 29 дек. 2014 г. № 458-ФЗ // Рос. газ. 2014. 31 дек. Федер. выпуск № 299.
7. Козлов Г.В., Ивахнюк Г.К. Морфологический состав твердых коммунальных отходов по регионам мира в XX и начале XXI века (обзор) // Известия СПбГТИ (ТУ). 2014. № 24 (50). С. 58–66.
8. Анализ выполнения мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность Российской Федерации, в части ликвидации объектов накопленного вреда и формирования комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами: отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия // Бюллетень Счетной палаты Рос. Федерации. 2020. № 9 (274). С. 6–43.
9. Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Нарусова Е.Ю. Комплексная оценка эксергетической эффективности, экологической и пожарной опасности процессов обращения с твердыми коммунальными отходами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 6–14.
10. Итышев И.К., Потапова С.О. О проблемах пожарной безопасности твердых бытовых отходов и мест их хранения // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1. № 9. С. 292–299.
11. Власов А.Г. Пожарная и экологическая опасность твердых бытовых отходов (на примере Московской области): дис. ... канд. тех. наук. М., 2001. 202 с.
12. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 80 с.
13. О внесении изменений в Порядок учета пожаров и их последствий, утвержденный приказом МЧС России от 21 ноября 2008 г. № 714: приказ МЧС России от 8 окт. 2018 г. № 431 // Офиц. интернет-портал прав. инф. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201812130004> (дата обращения: 15.07.2021).
14. Алешина Т.А. Причины возгораний на свалках ТБО // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 119–124.
15. Жилинская Я.А. Применение метода экспертных оценок для анализа причин возникновения пожаров на объектах размещения твердых бытовых отходов и влияния процессов горения на изменения в свалочном теле // Прикладная экология. Урбанистика. 2015. № 1. С. 24–32.
16. Соломин И.А., Афанасьева В.И. Состав и свойства твердых коммунальных отходов, учитываемые при выборе технических методов обращения с отходами // Природообустройство. 2017. № 3. С. 82–90.
17. Латыпова М.В. Анализ развития системы обращения с твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы с учетом европейского опыта // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т. 14. № 4. С. 741–758. DOI: 10.24891/ni.14.4.741.

УДК 004.45

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

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

Выполнен анализ зависимости цены кожухотрубных теплообменных аппаратов, представленной в виде уравнения регрессии с тремя переменными. С использованием генетического алгоритма, реализованного в виде программы для ЭВМ, получено решение задачи условной оптимизации.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, генетический алгоритм, оптимизация параметров, компьютерная программа, математическая модель

USE THE GENETIC ALGORITHM FOR OPTIMIZATION THE HEAT EXCHANGERS PARAMETERS

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The analysis of the dependence of the price of shell-and-tube heat exchangers presented in the form of a regression equation with three variables is carried out. Using a genetic algorithm implemented in the form of a computer program, a solution to the problem of conditional optimization is obtained.

Keywords: heat exchangers, genetic algorithm, parameters optimization, computing program, mathematical model

Введение

Под оптимизацией параметров теплообменных аппаратов (ТА) понимаются методы, позволяющие находить в заданной области значения совокупности параметров, которые обеспечивают оптимальные показатели ТА. Такими показателями могут быть масса, габариты, стоимость, надежность, технологичность и некоторые другие показатели. В зависимости от специфических особенностей и сферы использования ТА тот или иной показатель или их комбинация могут быть приняты за основной критерий оценки качества оптимизируемых ТА [1].

Некоторые из указанных показателей ТА не поддаются строгому математическому описанию и в настоящее время отсутствуют пригодные для практического использования методики количественного определения таких важных параметров ТА как надежность, ремонтпригодность, технологичность. Массогабаритные показатели ТА в значительной степени зависят от других показателей ТА. Поэтому при оптимизации параметров ТА приходится учитывать большой комплекс требований, предъявляемых как к ТА в целом, так и к его отдельным элементам [1].

Важной особенностью процесса оптимизации параметров ТА является учет возможных изменений параметров в физически возможных и технически осуществимых пределах. Кроме того, при оптимизации параметров ТА нужно учитывать множество требований, обеспечивающих создание оптимальной по массогабаритным показателям и тепловой эффективности, надежной в эксплуатации и технически выполнимой конструкции ТА.

В процессе оптимизации параметров ТА часто приходится решать задачу согласования тепловых и гидравлических расчетов ТА с его массогабаритными

показателями. Для установления функциональной зависимости массогабаритных показателей ТА от термодинамических, расходных и других параметров могут быть использованы три метода: статистический, графоаналитический и метод математического моделирования [2].

Статистический метод основан на использовании статистических данных, полученных в результате обработки накопленной информации по проектированию, созданию и эксплуатации ТА. Имея указанные данные, можно установить закономерности изменения показателей ТА от интересующего параметра, например, зависимость цены ТА от его массы и размера поверхности теплообмена. Достоинствами статистического метода являются его простота и универсальность, а недостатками – приближенный характер получаемых зависимостей.

Графоаналитический метод требует разделения каждого элемента ТА на составные части. Затем для каждого элемента ТА устанавливаются зависимости изменения его габаритов и строятся графические зависимости массы и габаритов элемента ТА от определяющих параметров. Достоинством графоаналитического метода является высокая точность получаемых зависимостей, а недостатком – большой объем расчетных работ.

Метод математического моделирования основан на математическом описании зависимостей изменения линейных размеров и массы ТА и последующем программировании математической модели с целью её реализации в виде программы для ЭВМ. Достоинством метода математического моделирования является высокая точность получаемых результатов. Расчеты на ЭВМ, выполненные с использованием метода математического моделирования, показывают, что с теплотехнической точки зрения наиболее эффективным кожухотрубным ТА является ТА, выполненный из сравнительно коротких труб малого диаметра с большим проходным сечением при малой массовой скорости теплоносителя на испарительном участке и развитой интенсификацией процессов теплообмена на экономайзерном участке. ТА с такой трубной системой обладают повышенной объемной тепловой нагрузкой и малыми гидравлическими сопротивлениями трактов теплообменивающихся сред [2].

В соответствии с методом математического моделирования ТА рассчитывается по участкам. Сначала для каждого участка задаются гидравлическое сопротивление тракта теплоносителя и поверхность теплообмена. Затем определяются скорости теплообменивающихся сред и коэффициенты теплоотдачи с целью определения требуемой поверхности теплообмена. Расчет выполняется методом последовательных приближений. Полученное в первом приближении значение поверхности теплообмена используется на следующих приближениях. Затем определяются гидравлические сопротивления участков ТА. На заключительном этапе расчета ТА определяются его конструктивные размеры и масса ТА.

К показателям эффективности ТА могут быть отнесены следующие показатели [1]:

– показатель энергетической эффективности:

$$E=Q/(N_{p1}+N_{p2}),$$

где Q – тепловой поток; N_{p1} и N_{p2} – мощности, затрачиваемые на прокачку теплоносителей;

– цена ТА:

$$C_{ТА}=C_{ТА}+П_{ТА},$$

где $C_{ТА}$ – себестоимость ТА; $П_{ТА}$ – прибыль, получаемая в процессе эксплуатации ТА;

– себестоимость ТА:

$$C_{ТА}=b_0 * M_{ТА}^{b_1} * K_{СЛ}^{b_2},$$

где $M_{ТА}$ – масса ТА; $K_{СЛ}$ – коэффициент технологической сложности ТА; b_0, b_1, b_2 – коэффициенты уравнения регрессии;

– эксплуатационные затраты:

$$\mathcal{E}_{ТА}=C_{ТА} * A_{ТА} + K_{П} + K_{ТА},$$

где $A_{ТА}$ – амортизационные отчисления капитальных затрат на ТА, нагнетательное оборудование и контрольно-измерительные приборы; $K_{П}$ – затраты на обслуживающий персонал; $K_{ТА}$ – стоимость обслуживания ТА (электроэнергия, ремонт и т.п.).

В машиностроении при определении цены ТА применяют методы, основанные на регрессионном анализе. При анализе уравнений регрессии нет необходимости искать физический смысл входящих в такие уравнения коэффициентов, так как между многими факторами возможна тесная связь (парная корреляция). Наиболее часто встречаются следующие виды уравнения многомерной регрессии:

- линейная модель: $Y(X_1, X_2, \dots, X_k) = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k$;
- полиномиальная модель: $Y(X_1, X_2, \dots, X_k) = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2^2 + \dots + b_k * X_k^k$;
- гиперболическая модель: $Y(X_1, X_2, \dots, X_k) = b_0 + b_1 / X_1 + b_2 / X_2 + \dots + b_k / X_k$;
- степенная модель: $Y(X_1, X_2, \dots, X_k) = b_0 * X_1^{b_1} * X_2^{b_2} * \dots * X_k^{b_k}$;
- экспоненциальная модель: $Y(X_1, X_2, \dots, X_k) = e^{b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k}$.

Формула для определения цены ТА в общем виде может быть представлена в виде комбинаций указанных моделей [1]:

$$Ц_{ТА} = F(X_1, X_2, \dots, X_k),$$

где X_1, X_2, \dots, X_k – технико-экономические параметры регрессионной модели; b_0, b_1, \dots, b_k – коэффициенты уравнения регрессии, полученные по результатам обработки данных прейскурантов, ценников и других документов на типовое теплообменное оборудование. Для кожухотрубных ТА химической промышленности с жесткой трубной решеткой было получено следующее уравнение [3]:

$$Ц_{ТА} = f(M_{ТА}, L, F) = M_{ТА} * [\text{Exp}(0,18 * L) / (L^{1,8} * F^{0,05}) + \text{Exp}(0,15 * F) / (L * F)] \text{ [млн руб.]},$$

где L – длина тракта ТА [м]; F – площадь поверхности теплообмена [м²].

На основе уравнения многомерной регрессии могут быть найдены частные уравнения регрессии:

$$Y_{X_1, X_2, \dots, X_k} = F(X_1), Y_{X_1, X_2, \dots, X_k} = F(X_2), \dots = F(X_k).$$

В этих уравнениях остальные переменные принимают средние значения.

Зависимости цены ТА $Ц_{ТА}$ (переменная $F(X, Y, Z)$) от массы $M_{ТА}$ (переменная X), длины тракта L (переменная Y) и площади поверхности теплообмена F (переменная Z) представлены на графиках (рис. 1–3).

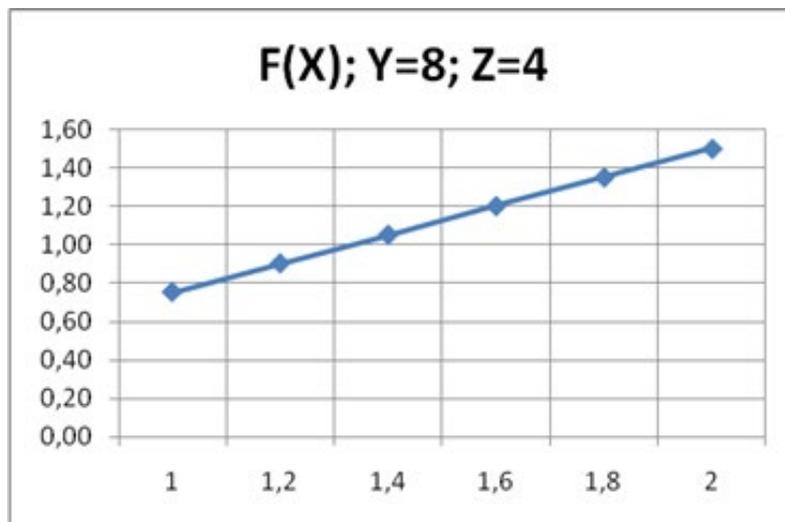


Рис. 1. Зависимость цены ТА $F(X)$ от массы $M_{ТА}$ [т] при $L=8$ [м] и $F=4$ [м²]

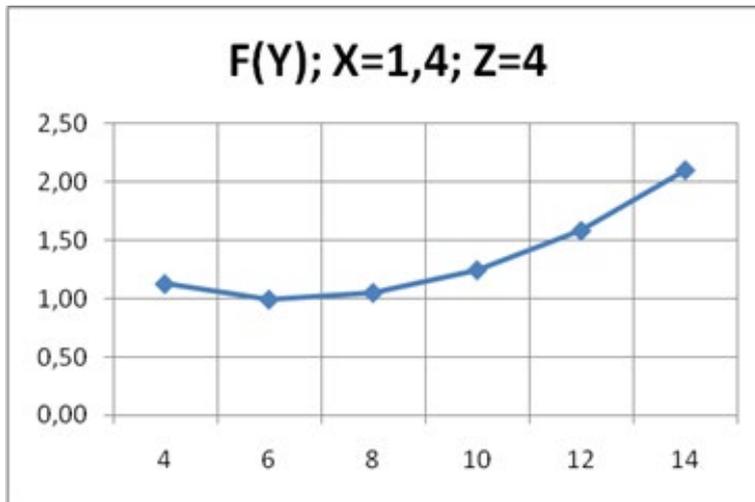


Рис. 2. Зависимость цены ТА $F(Y)$ от длины тракта L [м]

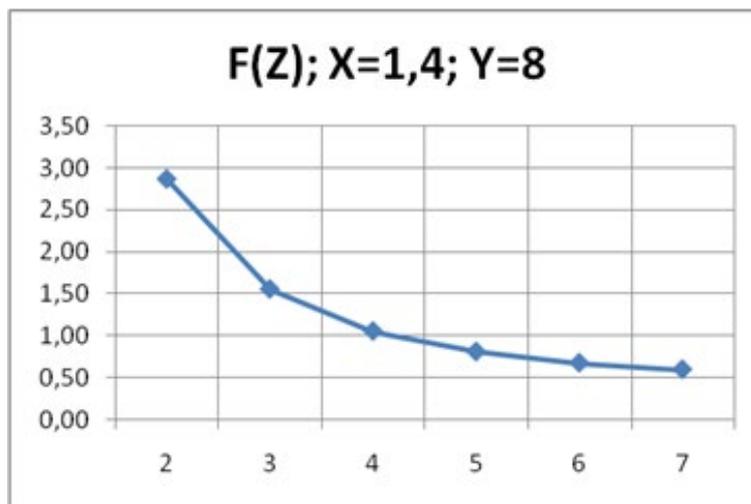


Рис. 3. Зависимость цены ТА $F(Z)$ от величины поверхности F [м²]

Зависимость цены ТА $F(X,Y,Z)$ от массы $M_{ТА}$ [т] при изменении длины тракта от 4 до 14 м и площади теплообмена от 2 до 7 м² представлена на рис. 4.

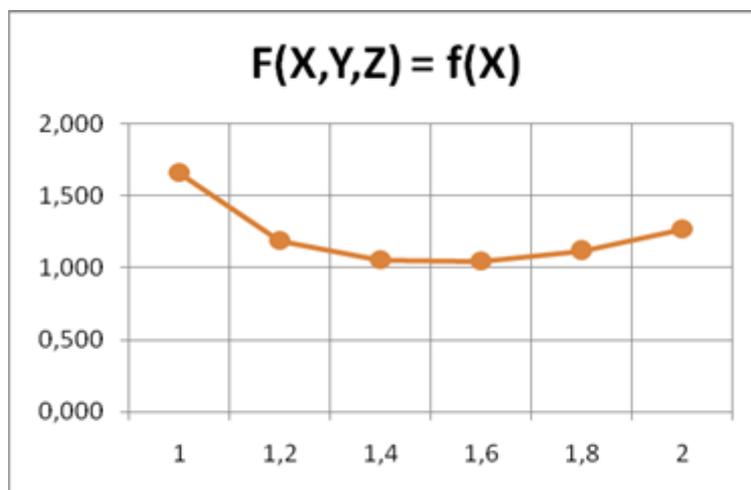


Рис. 4. Зависимость цены ТА $F(X,Y,Z)$ [млн руб.] от массы $M_{ТА}$ [т]

Сформулируем постановку задачи. Нужно произвести оптимизацию цены ТА в зависимости от массы ТА, длины тракта и площади поверхности теплообмена. Тема статьи актуальна, так как компьютерная модель использует перспективное направление моделирования с помощью генетического алгоритма. Объект исследования – оптимизация функции трех переменных.

Метод исследования – вычислительные эксперименты на разработанной компьютерной модели оптимизации цены ТА, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Классические методы условной оптимизации

В качестве классических методов условной оптимизации многомерных функций используются: метод неопределенных множителей Лагранжа, методы штрафных и барьерных функций [4].

Метод множителей Лагранжа предназначен для решения задач с дважды непрерывно дифференцируемыми целевыми функциями и ограничениями в виде равенств. Минимум функции Лагранжа может быть найден с помощью необходимых условий Куна-Таккера с последующей проверкой достаточных условий минимума. Для нахождения минимума может использоваться любой итерационный метод безусловной минимизации, например, метод градиентного спуска.

Метод штрафных функций основан на преобразовании задачи условной минимизации в задачу поиска безусловного минимума вспомогательной функции, представляющей собой сумму целевой функции и штрафной функции. Штрафная функция задает значение «наказания» за нарушение каждого из ограничений. При выполнении ограничения штрафная функция равна нулю. Для определения минимума вспомогательной функции решается последовательность задач с возрастающим параметром штрафа.

В методе барьерных функций ограничения задаются в виде неравенств. Вдоль каждой границы области ограничений устанавливается «барьер», для формирования которого используются два вида штрафных функций: обратная функция и логарифмическая функция. При приближении к границе области ограничений значения штрафных функций неограниченно растут. Для поиска минимума вспомогательной функции, состоящей из суммы целевой функции и функции штрафа, решается последовательность задач с возрастающим параметром барьерных функций.

Оптимизация параметров ТА

Генетические алгоритмы не предъявляют требований к виду целевых функций и ограничений. Использование генетического алгоритма для многокритериальной оптимизации изложено в работе [5]. Постановка задачи условной оптимизации имеет следующий вид: нужно найти локальный минимум целевой функции $F(X, Y, Z) \rightarrow \min$ при ограничениях на параметры функции $1 \leq X \leq 2$; $4 \leq Y \leq 14$; $2 \leq Z \leq 7$. Целевая функция имеет вид:

$$F(X, Y, Z) = X * [e^{0,18*Y} / (Y^{1,8} * Z^{0,05}) + e^{0,15*Z} / (Y * Z)].$$

Начальные значения параметров: $X_0 = Y_0 = Z_0 = 1$ и целевой функции $F_0(X_0, Y_0, Z_0) = 11,8$. Оптимальные значения параметров $X_{opt} = 1,5$; $Y_{opt} = 9,0$; $Z_{opt} = 4,5$ и целевой функции $F_{opt} = 1,0$.

Решение задачи условной оптимизации функции трех переменных производилось с использованием разработанного генетического алгоритма, реализованного в виде программы для ЭВМ [5, 6].

Схема обработки событий программы для ЭВМ представлена на рис. 5.



Рис. 5. Укрупненная схема обработки событий программы для ЭВМ

Интерфейс программы для ЭВМ, реализующей генетический алгоритм, представлен на рис. 6.

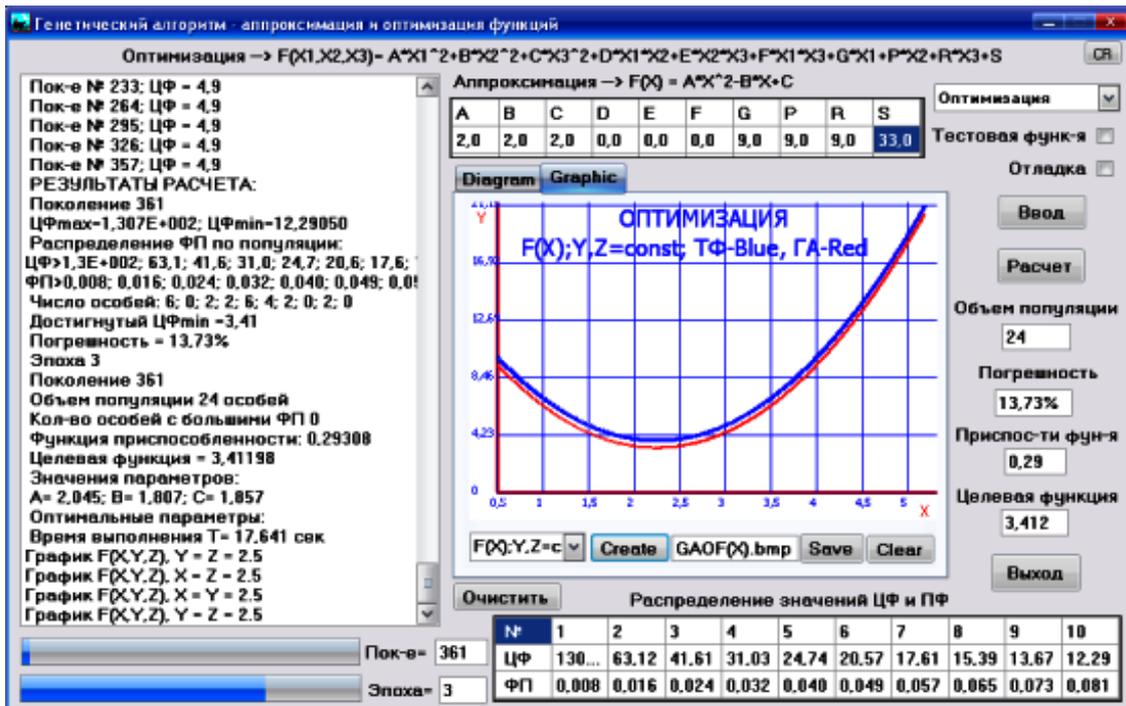


Рис. 6. Интерфейс программы для ЭВМ, реализующей генетический алгоритм

В качестве функции полезности использовалась функция, обратная целевой функции: $U=1/F(X,Y,Z)$. В процессе вычислительных экспериментов на ЭВМ были получены результаты условной оптимизации, приведенные в таблице.

Таблица

№ эпохи	№ поколения	X	Y	Z	F(X, Y, Z)
Оптимум		1,50	9,00	4,50	1,00
6	2	1,46	9,57	4,12	1,02

В заключении необходимо отметить, что вопросам проектирования и расчета ТА посвящен ряд работ иностранных авторов [7–10].

Вывод

Выполнен анализ зависимости цены кожухотрубных ТА химической промышленности с жесткой трубной решеткой, представленной в виде уравнения регрессии с тремя переменными: массой ТА (X), длиной тракта ТА (Y) и площадью поверхности теплообмена (Z). Сформулирована задача условной оптимизации цены ТА при ограничениях на параметры X, Y и Z.

С использованием генетического алгоритма, реализованного в виде программы для ЭВМ, получено решение задачи условной оптимизации с приемлемой точностью.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором компьютерной модели условной оптимизации функции трех переменных, реализованной в виде программы для ЭВМ.

Литература

1. Золотоносов Я.Д., Батоутдинова А.Г., Золотоносов А.Я. Трубчатые теплообменники // Моделирование, расчет: монография. М.: Лань, 2018.
2. Лабинский А.Ю. Автоматизированное проектирование сложных объектов и систем. Проектирование теплообменных аппаратов средствами Delphi: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012.
3. Павловский А.Н., Николаев П.И. Аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Лань, 2007.
4. Системный анализ и принятие решений: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
5. Лабинский А.Ю. Использование генетического алгоритма для многокритериальной оптимизации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 4 (28). С. 5–9.
6. Лабинский А.Ю. Многопараметрическая оптимизация с помощью генетического алгоритма // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 2 (34). С. 4–11.
7. Jakob M. Heat Transfer. New York and London, 2016.
8. Eckert E., Drake R. Heat and Mass Transfer. London, 2015.
9. Winter F.W. Technische Wärmelehre. Essen, 2014.
10. Бурман Я., Бобковский Г. Англо-русский научно-технический словарь. М.: Русский язык, 2015.

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 159.9

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ТРУДОМ И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У СЛУЖАЩИХ

**С.Б. Пашкин, доктор педагогических наук, профессор.
Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена.
Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
залуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются результаты исследования удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания у служащих. Проведенное эмпирическое исследование позволило заключить, что существуют значимые взаимосвязи между уровнем эмоционального выгорания и уровнем удовлетворенности трудом, что специалисты мужского пола, принявшие участие в данном исследовании, имеют более высокий уровень эмоционального выгорания и более низкий уровень удовлетворенности, чем женщины, принявшие участие в этом исследовании. Значимая взаимосвязь между возрастом и удовлетворенностью трудом отсутствует. Одновременно была выявлена значимая положительная взаимосвязь между возрастом и психосоматическими нарушениями. Это позволило предположить, что чем старше сотрудник, тем более он предрасположен к возможным отклонениям в психических или соматических состояниях (чувство страха, неприятные ощущения в области сердца, обострение хронических заболеваний) вследствие стрессов и волнений, связанных с его профессиональной деятельностью.

Ключевые слова: психология, профессиональная деятельность, служащий, возраст, гендер, психическое состояние, эмоциональное выгорание, удовлетворенность, взаимосвязь

RESULTS OF A STUDY OF JOB SATISFACTION AND BURNOUT AMONG EMPLOYEES

S.B. Pashkin. Russian State pedagogic university named after A.I. Gertsen.
L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article examines the results of a study of job satisfaction and emotional burnout among employees. The empirical research conducted allowed us to conclude that there are significant relationships between the level of emotional burnout and the level of job satisfaction, that the male specialists who took part in this study have a higher level of emotional burnout and a lower level of satisfaction than the women who took part in this study. There is no significant relationship between age and job satisfaction. At the same time, a significant positive relationship was found between age and psychosomatic disorders. This allowed us to assume that the older the employee, the more predisposed he is to possible deviations in mental or somatic conditions (fear, unpleasant sensations in the heart, exacerbation of chronic diseases) due to stress and anxiety associated with his professional activity.

Keywords: psychology, professional activity, employee, age, gender, mental state, emotional burnout, satisfaction, interconnection

Удовлетворенность трудом – явление многоуровневое и сложное по своей структуре и содержанию. Разрабатывая различные концепции и теории удовлетворенности, ученые как отечественные, так и зарубежные, схожи во мнении, что удовлетворенность трудом является одной из важнейших переменных изучения человека в сфере его профессиональной деятельности [1–3].

Синдром эмоционального выгорания – это ответная реакция индивида на продолжительно воздействующие профессиональные стрессы. Такое выгорание можно охарактеризовать постепенной утратой человеком когнитивной, физической и эмоциональной энергии. Все это находит проявления в умственном истощении, физическом и эмоциональном утомлении, а также в снижении уровня удовлетворенности своим трудом. Эмоциональное выгорание – явление не сиюминутное, а долговременное, проходящее три основных стадии, последствия которых плачевны как для самого сотрудника, так и для организации в целом [4, 5].

Статья является логическим продолжением предыдущих исследований [6]. В данной статье ставилась задача исследования взаимосвязей удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания на примере служащих разного пола.

В исследовании приняли участие 50 человек. Возраст испытуемых: от 20 до 50 лет. Распределение по полу: мужчин – 24 чел., женщин – 26 чел.

Сравнительный анализ удовлетворенности трудом по уровню эмоционального выгорания

Для удобства сравнения была рассчитана медиана по результатам методики В.В. Бойко, равная 65, что позволило поделить группу на две подгруппы. В первую подгруппу («Группа 1») вошли респонденты с низкими показателями эмоционального выгорания, во вторую подгруппу («Группа 2») – респонденты с высокими показателями эмоционального выгорания. Далее был проведен сравнительный анализ двух групп между собой. Для исследования различий данных групп был использован метод сравнительного анализа по t-критерию Стьюдента. В табл. 1 приведены полученные результаты.

**Таблица 1. Сравнительный анализ переменных удовлетворенности трудом
и эмоционального выгорания групп с высокими и низкими
показателями эмоционального выгорания**

Показатель	Средние значения		Уровень значимости различий, p
	группа 1	группа 2	
Удовлетворенность достижениями в работе	3,727273	2,375	0,00
Удовлетворенность взаимоотношениями с сотрудниками	4,545455	3,541667	0,04
Удовлетворенность условиями труда	2,909091	2,166667	0,02
Общая удовлетворенность трудом	24,72727	16,79167	0,00
Удовлетворенность работой	7,045455	4,75	0,00
Удовлетворенность трудом	28,36364	37,45833	0,00
Эмоциональное истощение	1,863636	2,583333	0,00
Деперсонализация	1,454545	2,291667	0,00
Профессиональная успешность	1,772727	2,541667	0,00
Интегральное выгорание	5	7,333333	0,00
Переживание психотравмирующих обстоятельств	1,818182	5,875	0,00
Неудовлетворенность собой	2,727273	6,5	0,01
«Загнанность в клетку»	2,318182	7,083333	0,01

Тревога и депрессия	2,227273	5,291667	0,01
Неадекватное избирательное эмоциональное реагирование	5,727273	13,66667	0,00
Расширение сферы экономии эмоций	6,636364	12,75	0,04
Редукция профессиональных обязанностей	4,772727	12,79167	0,00
Эмоциональный дефицит	1,863636	7,666667	0,00
Личностная отстраненность	1,363636	8,458333	0,00
Психосоматические нарушения	1,909091	4,708333	0,01
Общий балл Бойко	36,59591	54,81818	0,02

Сравнительный анализ не выявил значимых различий по шкалам: удовлетворенность взаимоотношениями с руководством ($p=0,42$), уровень притязаний в профессии ($p=0,26$). Это говорит о том, что ни взаимоотношения с руководством, ни притязания в профессии не оказывают ощутимого влияния на уровень эмоционального выгорания, но так же и не способствуют его развитию.

Значимые различия были обнаружены между группами по шкалам (рис. 1): удовлетворенность достижениями в работе ($p=0,001$), удовлетворенность взаимоотношениями с коллегами ($p=0,04$), удовлетворенность условиями труда ($p=0,02$), удовлетворенность работой ($p=0,001$), эмоциональное истощение ($p=0,001$), деперсонализация ($p=0,001$), профессиональная успешность ($p=0,001$), переживание психотравмирующих обстоятельств ($p=0,001$). Неудовлетворенность собой ($p=0,01$), «загнанность в клетку» ($p=0,01$), тревога и депрессия ($p=0,01$), неадекватное избирательное эмоциональное реагирование ($p=0,001$), расширение сферы экономии эмоций ($p=0,04$), редукция профессиональных обязанностей ($p=0,001$), эмоциональный дефицит ($p=0,001$), личностная отстраненность ($p=0,001$), психосоматические нарушения ($p=0,01$).

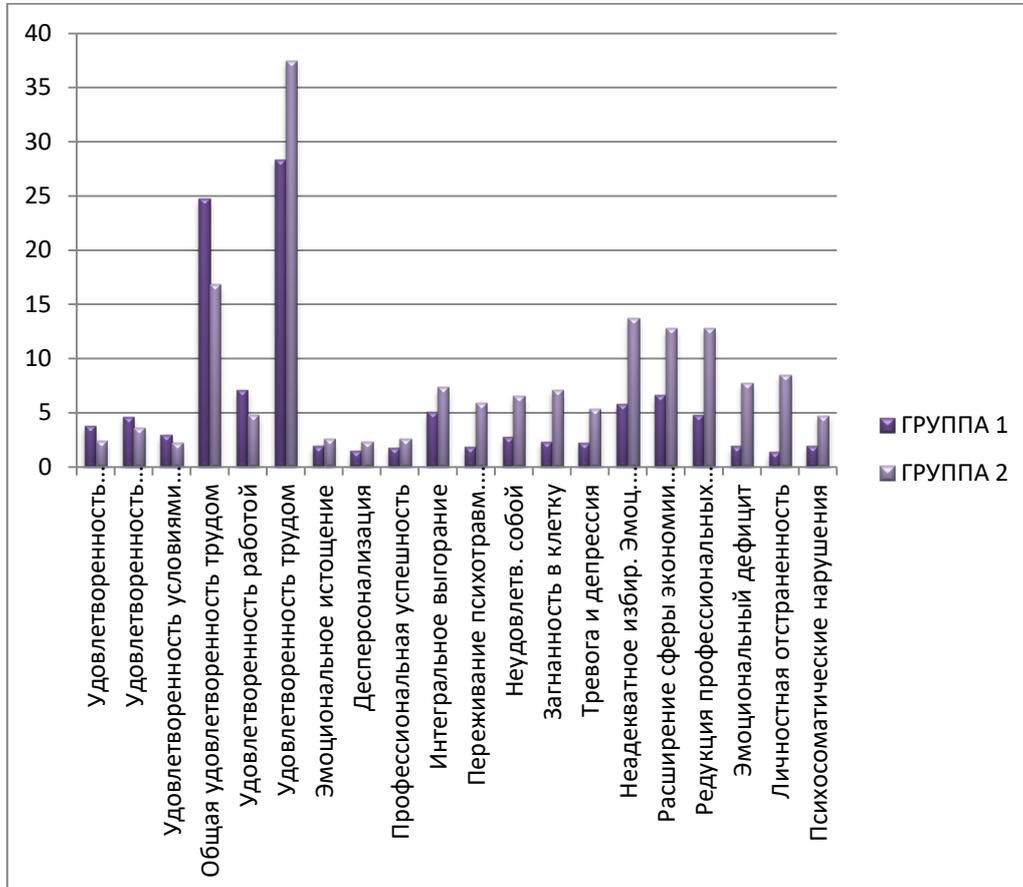


Рис. 1. Общий график значимых различий по всем показателям

Достоверно значимые различия по показателям шкал удовлетворенности трудом, таким как: удовлетворенность достижениями в работе (ср. знач. 3,727272 и 2,375), удовлетворенность взаимоотношениями с коллегами (ср. знач. 4,5454545 и 3,541667), удовлетворенность условиями труда (ср. знач. 2,909091 и 2,166667), удовлетворенность работой (ср. знач. 7,045455 и 4,75) позволяют говорить о том, что респонденты первой группы более удовлетворены своей работой и взаимоотношениями в своем коллективе, чем респонденты второй группы. Также это подтверждает значимое различие по показателю общей удовлетворенности трудом на 0,1 % уровне значимости, где средние значения по группам составили: 1 группа – 24,72727, 2 группа – 16,79167 (рис. 2).

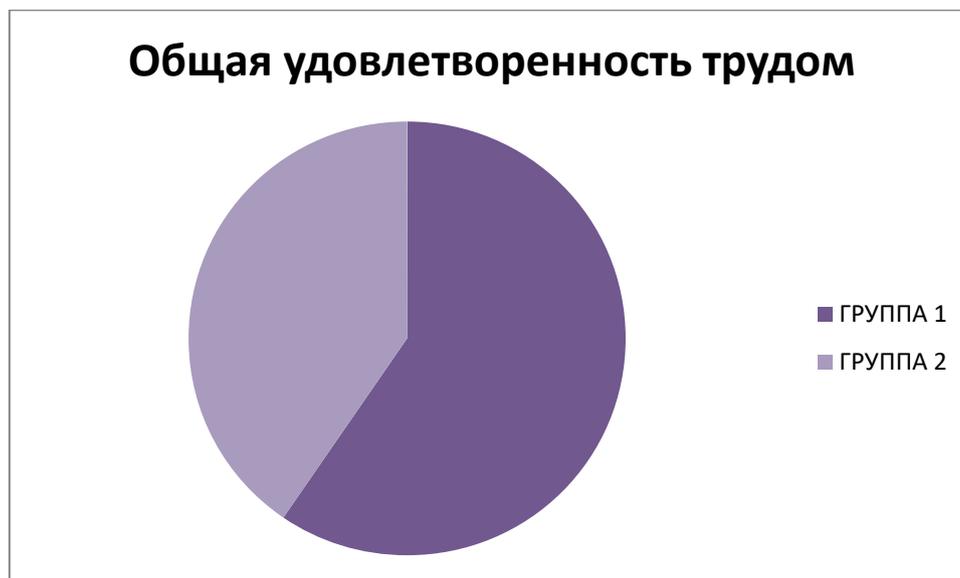


Рис. 2. Значимые различия по показателю «Общая удовлетворенность трудом»

Утверждение о том, что уровень удовлетворенности трудом в первой группе выше, чем во второй также может быть подтверждено наличием значимого различия по показателю удовлетворенность трудом ($p=0,001$) методики В.А. Розановой [7], где средние значения по группам составили: 1 группа – 28,36364; 2 группа – 37,45833. Следует отметить, что в данной методике наименьшее количество баллов свидетельствует о высоком уровне удовлетворенности.

По показателям шкал эмоционального выгорания значимых различий не было обнаружено по шкалам: эмоциональная отстраненность ($p=0,06$), эмоционально-нравственная дезориентация ($p=0,07$). Это позволяет говорить о наличии эмоциональных переживаний в профессиональной сфере в обеих группах.

Значимые различия по трем шкалам методики МВИ на 0,1 % уровне значимости свидетельствуют о том, что респонденты второй группы более эмоционально истощены (ср. знач. 2,583333), чем респонденты первой группы (ср. знач. 1,863636). Наряду с этим, средние значения по шкале деперсонализации (1 группа – 1,454545; 2 группа – 2,291667) и шкале профессиональной успешности (1 группа – 1,772727; 2 группа – 2,541667) говорят о том, что респонденты второй группы, на их взгляд, профессионально менее успешны, чем респонденты первой группы. Так же это свидетельствует о наличии у респондентов второй группы ощущения затрудненности управления собственными действиями. Значимое различие ($p=0,001$) по шкале интегрального выгорания подтверждает большую степень эмоционального выгорания респондентов второй группы (рис. 3).

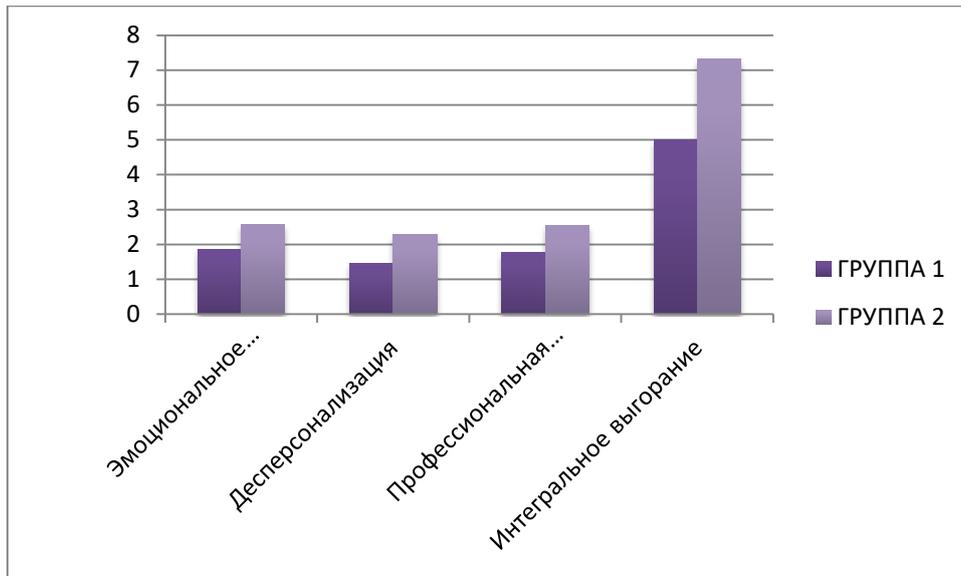


Рис. 3. Значимые различия по показателям шкал методики МВИ

Сравнительный анализ показал достоверно значимые различия между группами по шкалам методики В.В. Бойко [4]. Эти различия будут рассмотрены в контексте конкретных фаз (по В.В. Бойко), показателями которых они являются.

Первая фаза – «Напряжение».



Рис. 4. Значимые различия показателей шкал фазы «Напряжение» по методике В.В. Бойко

График, изображенный на рис. 4, позволяет наглядно оценить различия двух исследуемых групп по показателям: переживание психотравмирующих обстоятельств (1 группа – 1,818182; 2 группа – 5,875), неудовлетворенность собой (1 группа – 2,727273; 2 группа – 6,5), «загнанность в клетку» (1 группа – 2,318182; 2 группа – 7,083333), тревога и депрессия (1 группа – 2,227273; 2 группа – 5,291667). Судя по данным результатам, можно говорить об осознании респондентами второй группы психотравмирующих факторов их деятельности, которые не получается устранить своими силами. В свою очередь, эта неспособность повлиять на психотравмирующие обстоятельства, как правило, вызывает неудовлетворенность собой. Тогда как неудовлетворенность собой является некой квинтэссенцией чувства беспомощности, влекущего за собой интеллектуально-эмоциональный ступор. И как заключение фазы наступает тревога и депрессия.

Вторая фаза – «Резистенция».

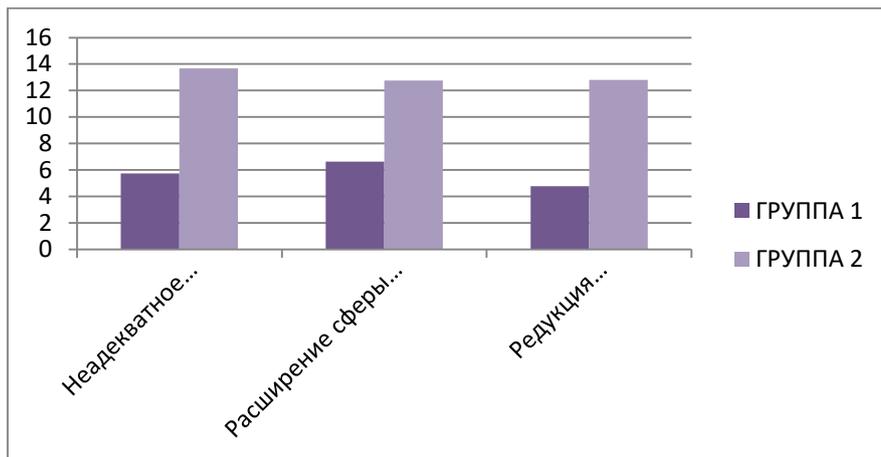


Рис. 5. Значимые различия показателей шкал фазы «Резистенция» по методике В.В. Бойко

На графике (рис. 5) видно, что достоверно значимые различия (на $p=0,01$ и $p=0,05$ уровнях значимости) между группами были обнаружены по следующим показателям: неадекватное избирательное эмоциональное реагирование (1 группа – 5,727273; 2 группа – 13,66667), расширение сферы экономики эмоций (1 группа – 6,636364; 2 группа – 12,75), редукция профессиональных обязанностей (1 группа – 4,777272; 2 группа – 12,79167). Это позволяет сделать вывод об ограничении респондентами второй группы эмоциональной отдачи с помощью выборочного реагирования на ситуацию и, как следствие, отсутствии желания общаться не только с коллегами, но и с близкими. Высокие средние значения (12,79167) во второй группе по показателю «Редукция профессиональных обязанностей» говорит о попытке сократить, облегчить свои обязанности, которые требуют эмоциональных затрат.

Заключительная фаза – «Истощение».

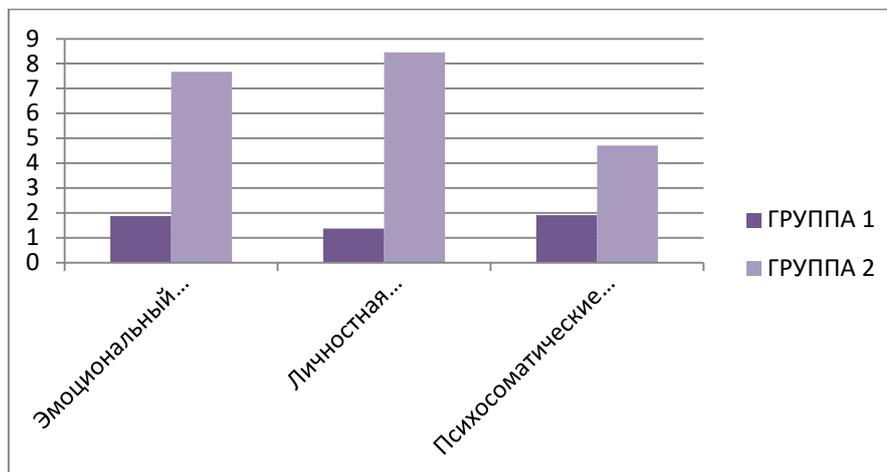


Рис. 6. Значимые различия показателей шкал фазы «Истощение» по методике В.В. Бойко

Что касается фазы «Истощение» (рис. 6), здесь видны значимые различия на 0,1 % и 1 % уровнях значимости по показателям: эмоциональный дефицит (1 группа – 1,863636; 2 группа – 7,666667), личностная отстраненность (1 группа – 1,363636; 2 группа – 8,458333), психосоматические нарушения (1 группа – 1,909091; 2 группа – 4,70833). Такие результаты позволяют говорить о том, что во второй группе присутствует тенденция появления ощущений антигуманистического настроения, неудовлетворения своей работой и отсутствия социальной ценности своей деятельности. Различие по показателю «Психосоматические

нарушения» говорит о возможных отклонениях в психических или соматических состояниях (чувство страха, неприятные ощущения в области сердца, обострение хронических заболеваний) респондентов второй группы.

Результаты данного сравнительного анализа позволяют сделать вывод о том, что эмоциональное выгорание связано с удовлетворенностью трудом. Для наглядности используем график, изображенный на рис. 7.

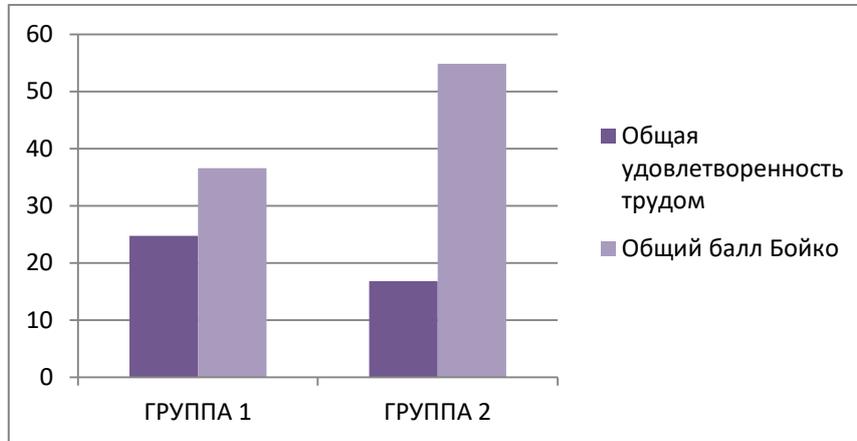


Рис. 7. Значимые различия показателей «Общая удовлетворенность трудом» и «Общее эмоциональное выгорание»

Для построения данного графика были использованы показатели шкал «Общая удовлетворенность трудом» (А.В. Батаршев) [7] и «Общий балл эмоционального выгорания» (В.В. Бойко) [4]. На графике видно, что респонденты первой группы сочетают высокие значения удовлетворенности с низкими показателями значений эмоционального выгорания и, соответственно, респонденты второй группы имеют высокие значения эмоционального выгорания при низкой удовлетворенности. Это позволяет говорить о том, что гипотеза о наличии взаимосвязи между двумя данными феноменами нашла свое подтверждение.

Сравнительный анализ удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания по гендерным различиям

По показателям шкал удовлетворенности трудом были обнаружены значимые различия: удовлетворенность взаимоотношениями с сотрудниками ($p=0,03$), предпочтение выполняемой работы высокому заработку ($p=0,04$) (табл. 2). Графически это представлено на рис. 8.

Таблица 2. Сравнительный анализ переменных удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания у мужчин и женщин

Показатель	Среднее значение	Среднее значение	Уровень значимости различий р
	женщины	мужчины	
Удовлетворенность взаимоотношениями с сотрудниками	4,44	3,4	0,03
Предпочтение выполняемой работы высокому заработку	2	1,36	0,04
Удовлетворенность трудом	29,16	36,84	0,00
Переживание психотравмирующих обстоятельств	2,4	5,48	0,01
Неудовлетворенность собой	3,16	6,04	0,04
Личностная отстраненность	2,16	7,4	0,00
Общий балл Бойко	59	87,88	0,02

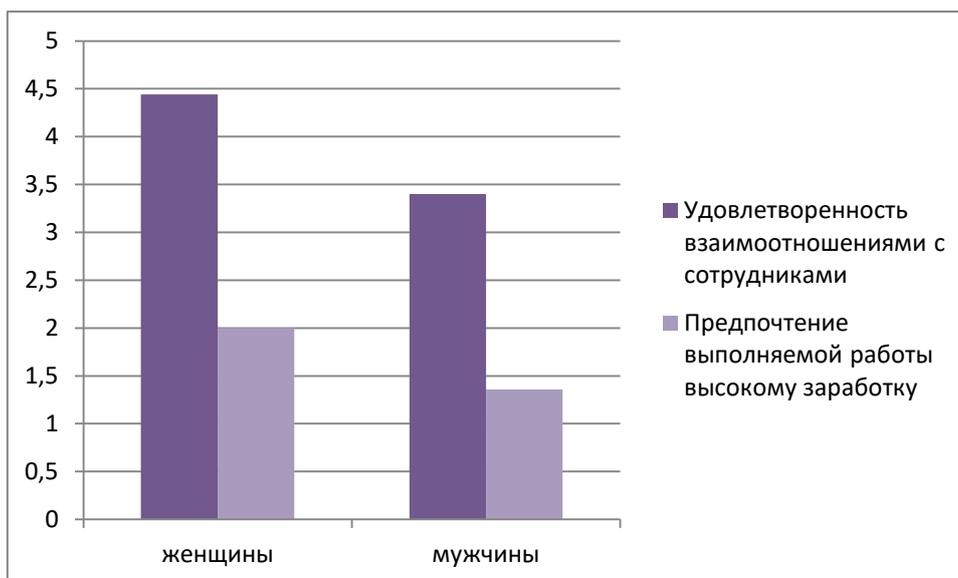


Рис. 8. Значимые различия по показателям удовлетворенности трудом у мужчин и женщин

Как видно из графика, женщины больше удовлетворены взаимоотношениями с сотрудниками (ср. знач. 4,44) и предпочитают свою работу высокому заработку (ср. знач. 2), нежели мужчины, средние значения которых равны 3,4 по удовлетворенности и 1,36 по предпочтению. Это можно объяснить тем, что в большинстве случаев для работников мужского пола, занятых в торговой сфере, работа – лишь способ заработка, и невозможно представить взаимоотношения в мужском коллективе такими же как в женском.

Также по показателю удовлетворенности трудом методики В.А. Розановой [7] было выявлено значимое различие ($p=0,001$) (рис. 9).

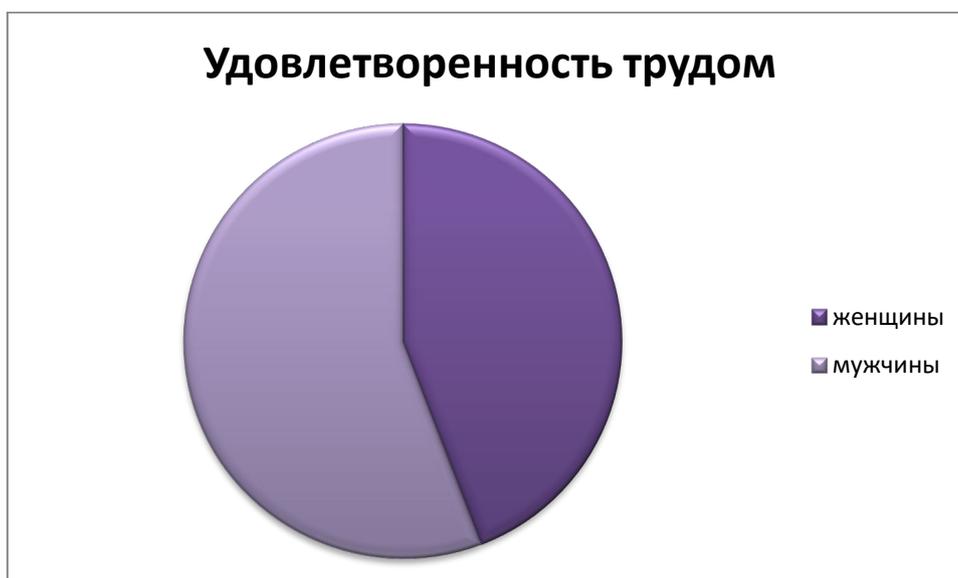


Рис. 9. Значимые различия по показателю удовлетворенности трудом методики В.А. Розановой

В данном случае, поскольку в указанной методике наименьшее количество баллов свидетельствует о высоком уровне удовлетворенности трудом, полученные результаты были вынесены отдельной диаграммой. По данному показателю средние значения составили: женщины – 29,16; мужчины – 36,84. В свою очередь, это позволяет говорить о том, что

женщины, принявшие участие в данном исследовании, удовлетворены своей работой в большей степени, чем мужчины.

Обращаясь к табл. 2, видим значимые различия по показателям шкал эмоционального выгорания: переживание психотравмирующих обстоятельств ($p=0,01$), неудовлетворенность собой ($p=0,04$), личностная отстраненность ($p=0,001$), общий балл эмоционального выгорания по методике В.В. Бойко ($p=0,02$) [4]. Следует отметить, что все перечисленные показатели относятся к методике В.В. Бойко. Ниже рассмотрим график по первым трем показателям (рис. 10).

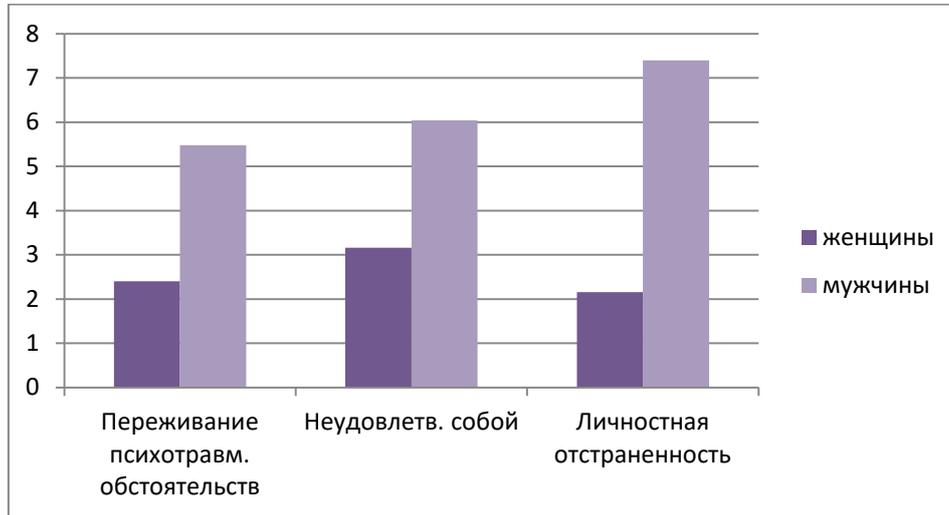


Рис. 10. Значимые различия мужчин и женщин по показателям шкал методики В.В. Бойко

Из данного графика видно, что мужчины намного сильнее женщин переживают психотравмирующие обстоятельства (ср. знач. 5,48), в большей степени неудовлетворены собой (ср. знач. 6,04) и проявляют сильную личностную отстраненность (ср. знач. 7,4) при работе с клиентами и коллегами.

На рис. 11 показаны наглядные результаты сравнения мужчин и женщин по шкале «Общий балл эмоционального выгорания» по методике В.В. Бойко.

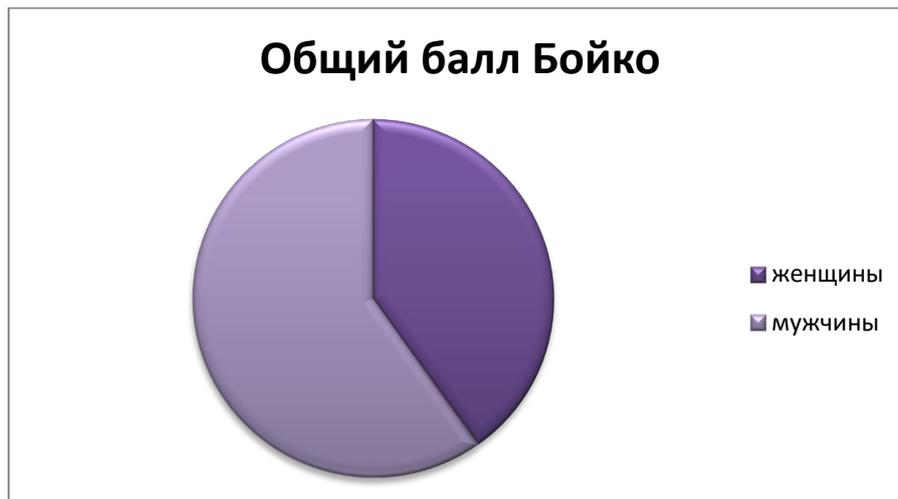


Рис. 11. Значимые различия мужчин и женщин по показателю «Общее эмоциональное выгорание методики В.В. Бойко»

Из данной диаграммы видно, что средний балл мужчин (87,88) намного выше, чем средний балл женщин (59). Это позволяет говорить о том, что участвовавшие в данном исследовании мужчины более подвержены эмоциональному выгоранию, чем женщины.

Результаты данного сравнительного анализа позволяют говорить о том, что гипотеза о большей подверженности мужчин эмоциональному выгоранию нашла свое подтверждение.

Результаты корреляционного анализа

Первичные данные, полученные в ходе исследования и сведенные в таблицу первичных данных, были подвергнуты корреляционному анализу с целью проверки взаимосвязи между удовлетворенностью трудом и эмоциональным выгоранием. Корреляционный анализ был проведен с помощью коэффициента линейной корреляции Пирсона.

Рассмотрим корреляционную плеяду, изображенную на рис. 12.

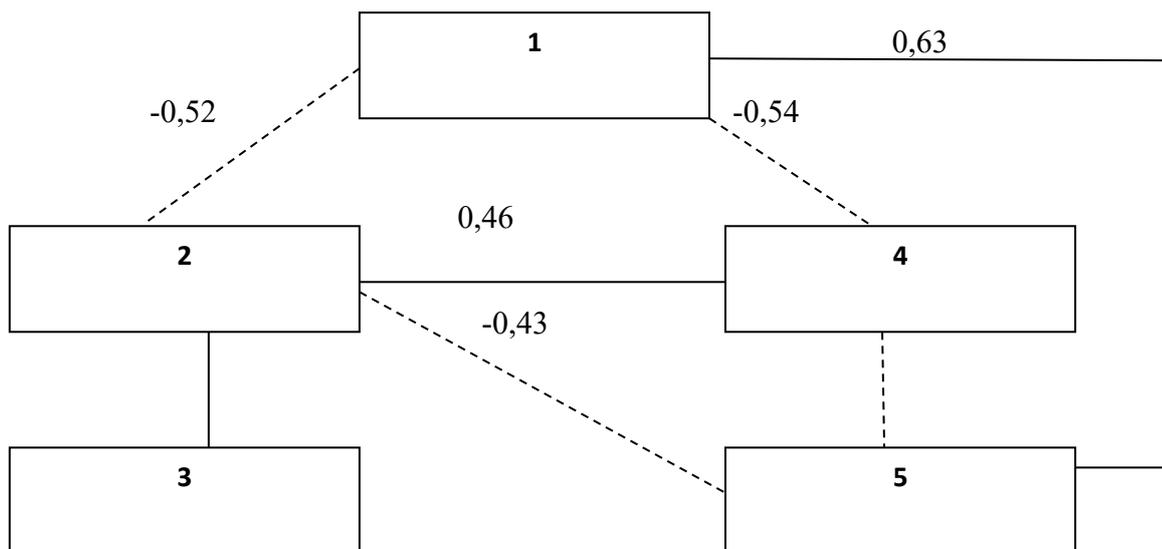


Рис. 12. Корреляционные связи между показателями удовлетворенности трудом и показателями эмоционального выгорания: 1 – общая удовлетворенность трудом; 2 – психосоматические нарушения; 3 – возраст; 4 – неудовлетворенность собой; 5 – интерес к работе

Удалось выяснить, что общая удовлетворенность трудом имеет значительную положительную связь с интересом к работе ($r=0,63$), но при этом остальные значимые связи с показателями эмоционального выгорания носят отрицательный характер, и значимость данных связей имеет довольно небольшие различия. Так, общая удовлетворенность отрицательно коррелирует с психосоматическими нарушениями ($r=-0,52$) и неудовлетворенностью собой ($r=-0,54$). В свою очередь, психосоматические нарушения имеют ярко выраженную положительную связь с неудовлетворенностью собой ($r=0,46$) с возрастом ($r=0,36$). Эта связь не ярко выражена, но значима. В это же время, имея положительную связь с общей удовлетворенностью трудом, интерес к работе имеет одинаковые по значимости отрицательные связи с неудовлетворенностью собой ($r=-0,43$) и психосоматическими нарушениями ($r=-0,43$). Из этого можно сделать вывод о том, что значимые факторы эмоционального выгорания имеют обратно пропорциональную связь с показателями удовлетворенности трудом. При этом высокий интерес к работе повышает общую удовлетворенность трудом.

Также отсутствие значимых корреляций между возрастом и удовлетворенностью трудом позволяет говорить о том, что возраст не влияет на удовлетворенность трудом. Из этого можно сделать вывод о том, что гипотеза о влиянии возраста на степень удовлетворенности трудом не подтвердилась.

Далее рассмотрим корреляционную плеяду, изображенную на рис. 13.

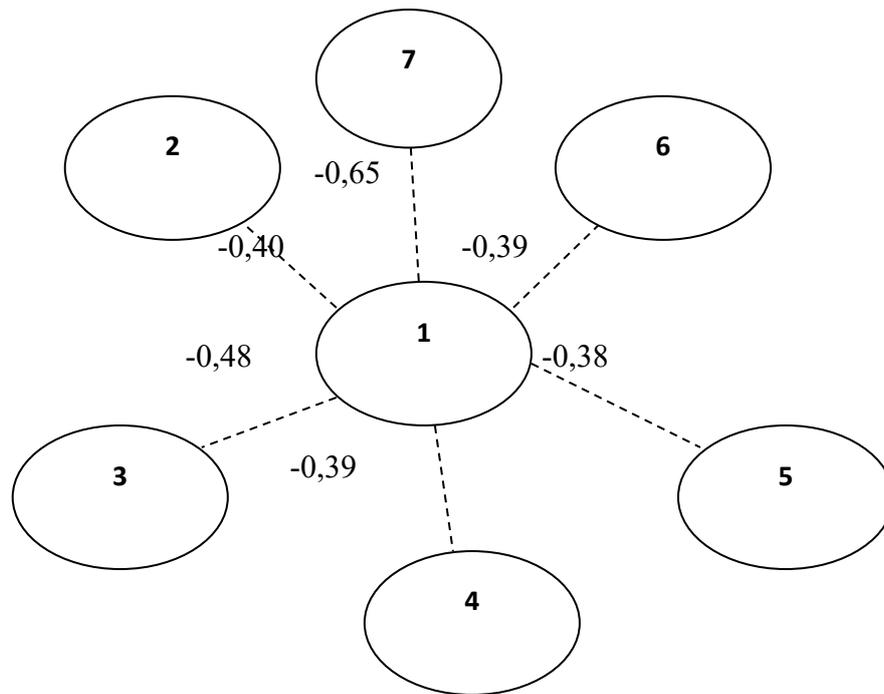


Рис. 13. Корреляционные связи эмоционального выгорания с показателями удовлетворенности трудом: 1 – общее эмоциональное выгорание; 2 – профессиональная ответственность; 3 – интерес к работе; 4 – удовлетворенность достижениями в работе; 5 – удовлетворенность взаимоотношениями с сотрудниками; 6 – удовлетворенность условиями труда; 7 – общая удовлетворенность трудом

Как видно из данной плеяды, эмоциональное выгорание имеет шесть ярко выраженных отрицательных связей примерно одного уровня значимости с показателями удовлетворенности трудом. Так общее эмоциональное выгорание (по методике В.В. Бойко) отрицательно коррелирует с: профессиональной ответственностью ($r=-0,40$), интересом к работе ($r=-0,48$), удовлетворенностью достижениями в работе ($r=-0,39$), удовлетворенностью взаимоотношениями с сотрудниками ($r=-0,38$), удовлетворенностью условиями труда ($r=-0,39$), общей удовлетворенностью трудом ($r=-0,65$). Данные результаты также позволяют говорить о взаимозависимости удовлетворенности трудом и эмоционального выгорания.

Выводы

1. Существует взаимосвязь между уровнем эмоционального выгорания и уровнем удовлетворенности трудом сотрудника.
2. Чем выше у сотрудника уровень удовлетворенности трудом, тем ниже уровень эмоционального выгорания (или вовсе его отсутствие).
3. Мужчины, принявшие участие в данном исследовании, более подвержены эмоциональному выгоранию, чем женщины.
4. Женщины, принявшие участие в данном исследовании, удовлетворены своей работой в большей степени, чем мужчины.
5. Уровень удовлетворенности трудом не зависит от возраста сотрудника.

Практические рекомендации

По результатам проведенного исследования были выделены следующие направления для возможных преобразований на предприятии с целью увеличения уровня удовлетворенности трудом сотрудников и профилактики эмоционального выгорания.

1. Улучшение физических условий труда. Оборудовать комнаты отдыха для персонала, увеличить количество кулеров с водой и кондиционеров на предприятии.
2. Модернизировать и сделать открытой систему материальных и нематериальных поощрений для увеличения интереса к выполняемой работе.
3. Увеличить количество выездных мероприятий как своим коллективом, так и совместно с другими предприятиями.
4. Проводить тренинги, направленные на сплочение коллектива.
5. Демонстрировать подчиненным перспективы и возможность карьерного роста с четким распределением критериев передвижения.
7. Устраивать различные спортивные мероприятия для сотрудников.
8. Применять системный подход к данному рода мероприятиям [8].
9. Приглашать медицинских работников и психологов для консультирования по профилактике эмоционального выгорания [9].

Литература

1. Богатырев С.В. Современные зарубежные и отечественные исследования эмоционального выгорания и стресса у сотрудников полиции // Академическая мысль. 2020. № 4 (13). С. 106–109.
2. Дорофеева Е.А. Синдром эмоционального выгорания как вид профессиональной деформации личности // Международный академический вестник. 2018. № 27. С. 30–32.
3. Константинов В.В. Профессиональная деформация личности: учеб. пособие для академического бакалавриата. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 385 с.
4. Бойко В.В. Синдром «эмоционального выгорания» в профессиональном общении. СПб.: Сударыня, 1999. 177 с.
5. Войтенко А.М., Корнилова А.А., Пашкин С.Б. Современные методы сохранения военно-профессиональной работоспособности. Ростов н/Д.: Изд-во ИП Беспамятнов С.В., 2016. 80 с.
6. Результаты исследования психологических особенностей синдрома профессионального выгорания в деятельности тренера-педагога / С.Б. Пашкин [и др.] // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сб. науч. трудов. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2020. С. 351–375.
7. Фальтермайер Е.А., Худяков А.И., Пашкин С.Б. Современная организационная психология и проблемы психодиагностики // Психология развития человека как субъекта труда. Развитие творческого наследия Е.А. Климова: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: ООО «Акрополь», 2016. С. 491–497.
8. Пашкин С.Б., Турчин А.С., Саркисова Е.А. Система мероприятий психологической помощи военнослужащим в интересах укрепления, сохранения, восстановления психического здоровья // Вестник Санкт-Петербургского военного института войск национальной гвардии. 2020. № 1 (10). С. 82–88.
9. Медико-психологическое консультирование по профилактике профессиональных деформаций / С.Б. Пашкин [и др.] // Комплексная психологическая помощь в образовании и здравоохранении: материалы X Науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. С. 78–81.

УДК 378.16

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

И.И. Каланин;

И.С. Марков;

С.Х. Петросян.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен опыт применения средств виртуальной реальности в сфере подготовки специалистов МЧС России. Проведен краткий обзор программного обеспечения, применяемого для реализации данных технологий. Проанализированы преимущества технологий виртуальной реальности перед традиционными формами обучения для вузов, занимающихся подготовкой специалистов экстремальных профессий.

Ключевые слова: виртуальная реальность, подготовка специалистов МЧС России, иммерсивные технологии

EXPERIENCE IN ORGANIZING THE TRAINING OF SPECIALISTS OF THE EMERCOM OF RUSSIA BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

I.I. Kalanin; I.S. Markov; S.H. Petrosyan.

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

The article discusses the experience of using virtual reality tools in the field of training specialists of the Russian Emergencies Ministry. A brief overview of the software used to implement these technologies is carried out. The advantages of virtual reality technologies over traditional forms of education for universities that train specialists in extreme professions are analyzed.

Keywords: virtual reality, training of specialists of the Ministry of Emergency Situations of Russia, immersive technologies

Введение

Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» определяет одной из задач Правительства Российской Федерации внедрение в практику новых методов обучения и воспитания, а также современных образовательных технологий.

Образовательный процесс является одной из самых перспективных сфер для внедрения современных информационных технологий, в частности, технологий виртуальной реальности. Её внедрение в деятельность учебных заведений способно существенно удешевить процесс подготовки специалистов, одновременно повысив при этом качество знаний, умений и навыков. К плюсам виртуальной реальности для образовательного процесса относятся: наглядность, безопасность, вовлеченность, фокусировка, экономия ресурсов и др. [1].

Как показывает практика, данные технологии уже успешно используются при обучении как гуманитарным, так и естественно-научным и точным дисциплинам [2–6].

Технология создания виртуальной реальности включает в себя четыре последовательных этапа:

1) генерирование образа в виртуальной реальности с помощью компьютера и специального программного обеспечения (создание трехмерного изображения местности или объектов, генерирование звуков и т.д.);

2) трансляция созданных образов на органы чувств пользователя с помощью системы отображения информации;

3) считывание и обработка информации о действиях пользователя в виртуальной реальности с помощью специальных датчиков;

4) формирование нового образа в виртуальной реальности на основе полученной информации и передача его на органы чувств пользователя [7].

Средства виртуальной реальности позволяют обучающемуся получить практические навыки, не требуя при этом дорогостоящего оснащения. Особенно актуально это для вузов системы МЧС России, так как сложно переоценить важность качественной подготовки специалистов, от грамотных решений которых в будущем будут зависеть человеческие жизни. При этом особенности службы офицера МЧС России таковы, что создание в учебных условиях реальной обстановки чрезвычайной ситуации (ЧС) представляется затруднительным.

В этих обстоятельствах на помощь приходят технологии виртуальной реальности. Например, рассмотрим такую учебную дисциплину как «Расследование пожаров». Очевидно, что фото- и видеоматериалы с места пожара, которые могут быть продемонстрированы курсантам в качестве наглядных учебных пособий, не могут в полной мере воссоздать обстановку места пожара. Создание же натуральных полигонов для осмотра места пожара требует значительных денежных затрат и практически не дает возможности для изменения условий задачи при отработке практических навыков осмотра места пожара.

Использование технологий виртуальной реальности при изучении данной дисциплины существенно расширяет возможности для реалистичной симуляции процесса осмотра места пожара. Для виртуального полигона возможно воссоздание различных вариантов объектов на основе панорамной съёмки реальных мест пожаров, при этом курсанты будут иметь возможность воспринимать информацию точно так же, как дознаватель при статическом осмотре.

Виртуальный полигон представляет собой аудиторию, где размещаются курсант, преподаватель и технические средства для воссоздания виртуальной среды. Использование видеоконференцсвязи (ВКС) на таком полигоне дает возможности проводить практические занятия дистанционно, что становится актуальным в условиях пандемии. Все обучающиеся, находящиеся в аудитории или подключенные к ней посредством ВКС, имеют возможность наблюдать за действиями человека, работающего в виртуальной среде, слышать комментарии преподавателя.

Среднестатистический здоровый человек способен находиться в шлеме виртуальной реальности в течение 30–60 мин, что позволяет провести полноценное занятие. Кроме шлема технические средства создания виртуальной реальности включают в себя компьютер и специальное программное обеспечение. Опыт реализации данных технологий существует в ФГБОУ ВО «Сибирская ПСА ГПС МЧС России» – программное обеспечение виртуального полигона реализовано в программе PanaturPro. Панорамные снимки мест пожара создают виртуальное пространство, в котором имитируется перемещение оператора внутри заданной локации и осмотр места возгорания [8].

Перспективным направлением при подготовке специалистов МЧС России представляется моделирование участков местности с целью отработки навыков ликвидации последствий ЧС. Виртуальная модель местности представляет собой математическую модель местности, которая содержит информацию о рельефе земной поверхности, объектах, находящихся на данной территории, степени освещенности, погодных условиях и т.д., предназначенную для визуализации средствами виртуальной реальности и позволяющую

добиться эффекта присутствия на местности. Подобные модели могут строиться в программах различных типов:

- CAD-пакеты (AutoCAD, Компас 3D, MicroStation);
- программные комплексы для создания 3D-графики и видеоэффектов (Autodesk 3D Studio Max и др.) (рис. 1);
- картографические программы (Erdas Imagine Virtual GIS, Arc View 3D Analyst и др.) [9].

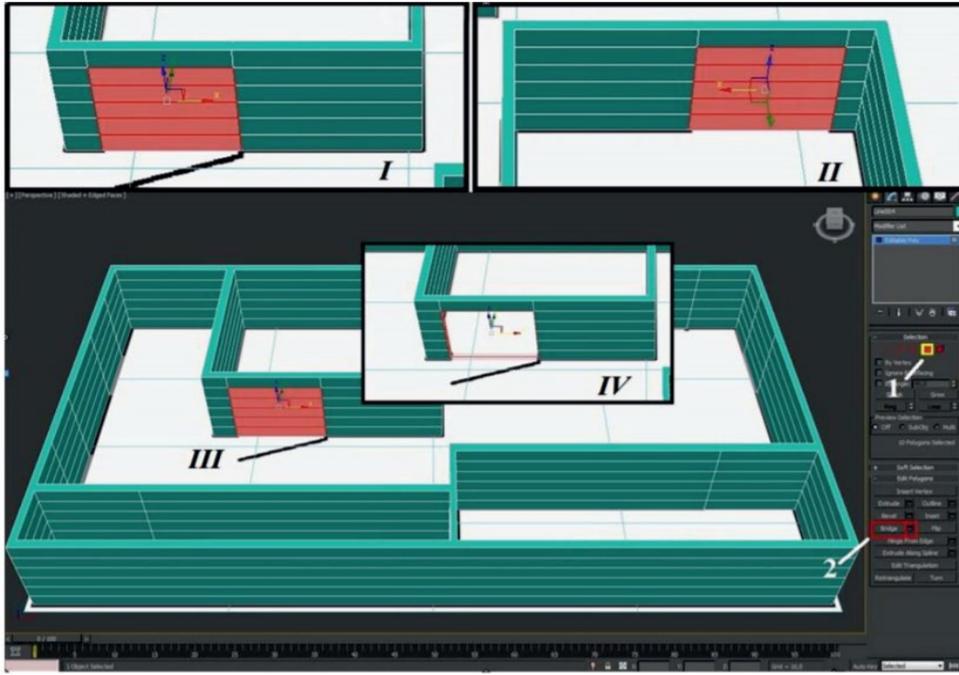


Рис. 1. Построение модели здания в программе Autodesk 3D Studio Max

Институтом автоматики и электротехники СО РАН совместно с компанией «Софтлаб-Нск» предложен виртуальный тренажер «Спасатель», реализованный в трёх тематиках: «Шахты», «Завод» и «Город».

Первая локация обладает трехмерной структурой, имитирующей лабиринт из горных выработок, в котором присутствуют зоны с неработающей вентиляцией (рис. 2).

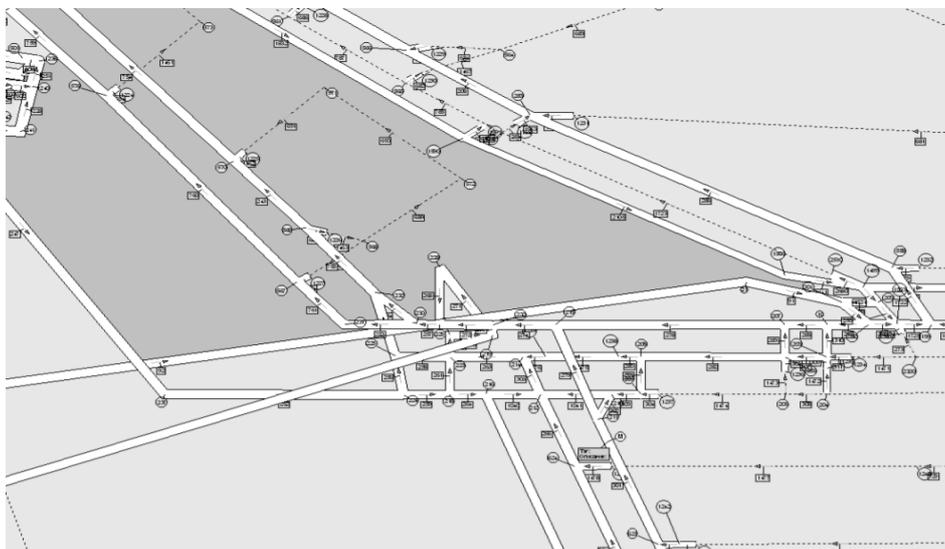


Рис. 2. Топологическая схема локации «Шахты»

«Шахты» позволяют спасателю обрабатывать следующие задачи:

- контроль состояния выработок на основе визуальных признаков – наличие задымления, скопления метана, оксида углерода I, возможности обвалов, возгораний, взрывов, предупреждение возникновения аварийных ситуаций (рис. 3);
- отслеживание информации о местонахождении и состоянии пострадавших людей;
- использование и контроль работоспособного состояния диагностического оборудования;
- разработка оптимальных маршрутов передвижения спасателей для эвакуации людей и транспортировки пострадавших;
- ознакомление с расположением спасательного и иного оборудования (самоспасателей, средств связи и т.д.).

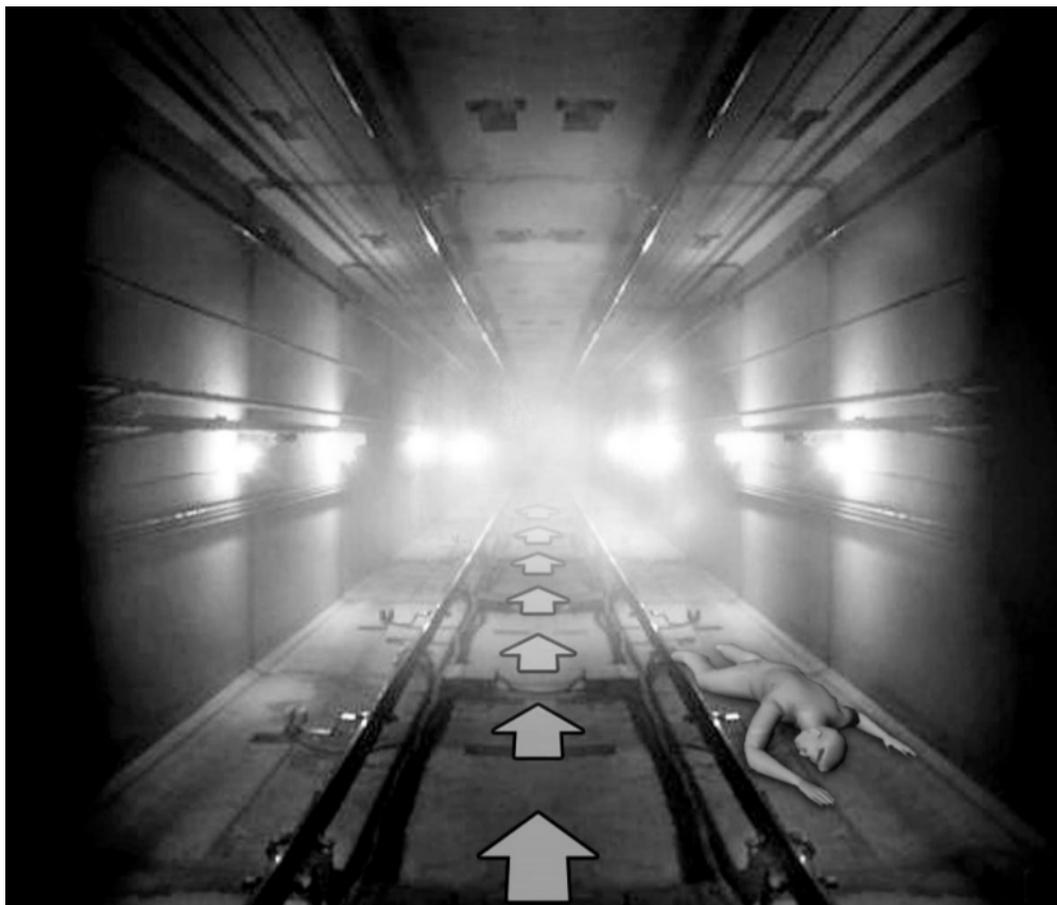


Рис. 3. Локация «Шахты» – вид изнутри

Локация «Завод» позволяет моделировать технологические процессы, а также включает в себя зоны открытых воздушных пространств с естественной циркуляцией воздуха. Данная локация предназначена для отработки таких задач как:

- спасательные работы при различных условиях освещенности, погоды (дождь, снег, туман);
- работа при угрозе разрушений стен и технологических аппаратов, характерных для данного объекта;
- определение концентрации аварийно химически опасных веществ, применение необходимых средств индивидуальной защиты;
- работа с измерительными приборами;
- проведение разведки, определение оптимальных маршрутов передвижения спасательных групп, вывода и эвакуации пострадавших;
- разбор завалов как в ручном режиме, так и с применением спецтехники.

Локация «Город» позволяет симитировать явления, происходящие при ЧС в городской среде. Предназначена для отработки следующих задач:

- определение зон разрушений, заражений;
- прогнозирование и распределение транспортных потоков;
- определение оптимальных маршрутов эвакуации и маршрутов передвижения колонн специальной техники;
- определение параметров ветра (направление, скорость) и прогнозирование на основе полученных данных зон заражения;
- определение зон заражения водоемов [10].

Таким образом, можно выделить следующие преимущества, которые предоставляет использование технологий виртуальной реальности при подготовке специалистов МЧС России:

- возможность формирования обширного перечня объектов с различными характеристиками для отработки навыков проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- развитие навыков управления подразделением, принятия грамотных управленческих решений, навыков организации взаимодействия в условиях ЧС;
- психологическая подготовка курсантов к работе в экстремальных условиях (непригодная для дыхания среда, замкнутое пространство, ограниченная видимость и др.);
- возможность многократной отработки различных сценариев ЧС на одном и том же типовом объекте;
- детальное изучение характерных особенностей промышленных и бытовых объектов различного типа, развитие навыков ориентирования и перемещения на объектах сложной конфигурации;
- существенное сокращение материальных и временных затрат на подготовку полигонов для обучения;
- устранение риска для жизни и здоровья в процессе отработки навыков проведения аварийно-спасательных работ;
- повышение интереса обучающихся за счет реализации игровой формы обучения [7].

Выводы

Очевидно, что современный уровень развития информационных компьютерных технологий позволяет вывести подготовку в высших учебных заведениях на принципиально новый уровень развития. Технологии виртуальной и дополненной реальности предоставляют неоспоримые преимущества перед традиционными формами обучения – сюда относятся и экономия материальных затрат на процесс подготовки, и повышение качества отработки практических навыков в тренировочном процессе, и повышение безопасности для жизни и здоровья обучающихся, и формирование у них дополнительной мотивации к обучению. При разработке учебных программ дисциплин (особенно предполагающих большое количество практических занятий) в вузах пожарно-технического профиля следует по возможности внедрять в образовательный процесс использование средств виртуальной реальности.

Литература

1. Буракова И.С., Донева О.В., Баратилова Ю.А. Технологии виртуально реальности в образовании // Университетская наука. 2021. № 1 (11). С. 135–137.
2. Путило О.О., Савина Л.Н. Использование технологий дополненной и виртуальной реальности в процессе литературного образования // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2020. № 9 (152). С. 27–35.
3. Борщева В.В. Виртуальная реальность в языковом образовании: потенциал технологии // Педагогика и психология образования. 2018. № 1. С. 64–70.

4. Зильберман М.А. Использование дополненной реальности в образовании: из опыта работы // Рождественские чтения: материалы XVIII Регион. науч.-методич. конф. по вопросам применения ИКТ в образовании. Пермь, 2015. С. 22–25.
5. Князева Г.В. Виртуальная реальность и профессиональные технологии визуализации // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2010. № 15. С. 68–76.
6. Самарина А.Е. Мобильные приложения дополненной реальности и возможности их использования в образовательном процессе // Современная педагогика. 2016. № 1.
7. Булгаков В.В. Иммерсивная форма подготовки: актуальность и перспективы внедрения в образовательный процесс вузов МЧС России // Вестник Московского городского педагогического университета. Сер.: Информатика и информатизация образования. 2020. № 4 (54). С. 68–78.
8. Богданов А.А., Лагунов А.Н., Пожаркова И.Н., Слепов А.Н. Перспективы применения технологий виртуальной реальности в подготовке специалистов ГПС МЧС России / Р.С. Назмутдинов [и др.] // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сб. статей по материалам VIII Всерос. науч.-практ. конф. Железногорск: Сибирская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2018. С. 276–279.
9. Дроздов Д.А., Миронова Ю.Н. Некоторые аспекты виртуального моделирования местности // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 6. С. 45–49.
10. Бартош В.С. Виртуальная реальность: новые методы подготовки личного состава МЧС // Гео-Сибирь. 2010. Т. 1. № 3. С. 204–209.

УДК 614.84

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРОВ В ФИТНЕС-ЦЕНТРАХ

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук;

В.С. Андреев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности пожаров в фитнес-центрах с целью усиления пожарной безопасности. Проведен анализ пожаров в фитнес-клубах и определены основные направления снижения пожарных рисков в учреждениях подобного рода.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, фитнес-центр

FEATURES OF FIRES IN FITNESS CENTERS

A.A. Permyakov; V.S. Andreev.

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

The article is devoted to the consideration of the features of fires in fitness centers in order to enhance fire safety. The author analyzes fires in fitness clubs and determines the main directions for reducing fire risks in institutions of this kind.

Keywords: fire, fire safety, fitness center

Фитнес-центры в настоящее время стали частью комфортной городской инфраструктуры. Современному человеку сложно представить жизнь без занятий спортом в специально оборудованном для этого помещении. Посещение спортивных комплексов – ежедневная практика женщин и мужчин разных возрастов и семей с детьми. Обеспечить

безопасное пребывание людей в фитнес-центре – одна из первостепенных задач администрации спортивных комплексов.

Пожары в фитнес-центрах – серьезная опасность для посетителей, техносферы и природы. По международной пожарной статистике пожары в зданиях занимают 28–30 % (в разное время) от суммарного количества возгораний. На пожары в общественных зданиях приходится около 5 % [1]. Так, в 2018 г. в северной части Москвы случился большой пожар в сауне фитнес-клуба. А в октябре 2017 г. в фитнес-центре «Зебра» на юго-востоке Москвы возгорание началось на первом этаже трехэтажного здания, что стало ловушкой для посетителей, находящихся на верхних этажах. Эвакуация проходила посредством специальной техники.

В целом требования пожарной безопасности на спортивных объектах в России регулируются Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ) и декларируют:

- обеспечение беспрепятственного проезда к зданию противопожарной техники;
- наличие необходимого, расчетного количества эвакуационных выходов, путей эвакуации и соответствия последних нормативным требованиям;
- исправное состояние автоматической системы пожарной сигнализации и системы автоматического пожаротушения;
- регулярное проведение тренировок по эвакуации [2].

Однако, как показывает статистика, пожары на объектах спортивного досуга все равно случаются. Причина видится в следующем:

- ненадлежащее соблюдение администрацией и сотрудниками фитнес-центров вышеупомянутых правил;
- фитнес-центры как вид многофункциональных зданий, предусмотренных под спортивную деятельность большого количества людей, имеют ряд особенностей, которые должны быть учтены при формировании противопожарных мер и программ, а также в случае возгорания [3].

Рассмотрение этих нюансов поможет дополнить требования пожарной безопасности на объектах этого вида, чтобы усилить пожарную безопасность, свести к минимуму риски возникновения пожаров и их последствий.

Основные помещения фитнес-центров – это бассейн, тренажерный зал со спортивным оборудованием, залы для групповых занятий с инвентарем, лабиринтообразные раздевалки с узкими проходами, сауна, душевые и туалетные комнаты, стойка ресепшн с зоной отдыха и фитнес-баром, подсобные помещения и др.

Главная особенность тренажерных помещений – скопление оборудования и инвентаря, необходимого для спортивных занятий. Обычно беговые дорожки, велосипеды, силовые комплексы и другие тренажеры расставлены в зале с точки зрения удобства выполнения упражнений по определенным зонам: тренажеры для ног, рук, пресса и т.д. Иногда можно наблюдать картину, когда оборудование располагается хаотично. Такая расстановка может служить препятствием для движения людей к выходам и затруднять эвакуацию в условиях паники и пожара.

Стоит отметить, что эта особенность ухудшает видимость в условиях пожара, что может приводить к дезориентации пожарного звена. Поиск людей, оказание им помощи и спасение будет проходить менее эффективно. Это может привести к большому числу жертв и серьезным травмам у пострадавших.

Фитнес-центры относятся к местам массового скопления людей, одной из характерных особенностей которых является большое число жертв в случае возникновения пожара [4]. Безопасность граждан – на первом месте, поэтому тренажеры должны находиться друг от друга на расстоянии, комфортном для того числа людей, которое одновременно может находиться в данном помещении согласно требованиям пожарной безопасности. Расстановка тренажерного оборудования должна первостепенно учитывать требование беспрепятственности прохода к эвакуационным выходам.

Другой момент, характеризующий спорткомплексы с точки зрения пожарной безопасности, – системы кондиционирования и естественного притока воздуха. Их наличие необходимо для комфортного пребывания людей, однако данные системы могут провоцировать распространение огня. Фитнес-центры снабжают системами кондиционирования воздуха с большим количеством вентиляционных каналов [5]. Помещения подобного плана обычно имеют несколько больших оконных проемов (иногда остекление панорамное), а при разбитии окна или просто при проветривании образуется дополнительный приток воздуха, и возгорание усиливается. В дополнение к этому под потолком часто находятся скрытые коммуникации, где может происходить распространение горения. Чтобы уменьшить риск возникновения и распространения пожара, вентиляционные коммуникации в спортивных объектах должны быть открытого типа, проходить систематическую проверку и содержаться в надлежащем состоянии. В случае пожара спасателям следует учитывать вероятность быстрого распространения огня по вентиляции, а также максимально использовать оконные проемы в качестве путей эвакуации людей с помощью специальной пожарной техники.

Важным аспектом обеспечения противопожарной безопасности спортивных объектов является грамотное использование негорючих, огнезащитных и огнеупорных отделочных материалов для конструкций здания и деталей интерьера. Практика их использования описана во многих источниках специализированной литературы, в частности, в учебном пособии С.В. Собуря «Огнезащита материалов и конструкций» [6]. Данное требование должно строго касаться и интерьера спортивных клубов, владельцы которых часто уделяют большее внимание эстетическим характеристикам помещения в обход требований пожарной безопасности. Декоративные деревянные панели, бумажные обои и плакаты, обилие стендов с фотографиями и рекламой может создать дополнительный источник возгорания и усилить распространение огня.

Стоит отметить, что зачастую фитнес-центры открываются в помещениях, изначально предназначенных для другого вида деятельности и времяпрепровождения. Обычно это торговые и складские помещения большой площади [7]. В этом случае владельцам спортивных объектов необходимо привести помещение в полное соответствие требованиям, выдвигаемым законодательством Российской Федерации, проведя необходимую реконструкцию помещения. В таком случае особое внимание стоит уделить планировке помещения и наличию противопожарных преград, которые помогут усилить безопасность территории.

Согласно специальным классификационным характеристикам и условиям технического характера, определяющим важнейшие свойства сопротивления опасным факторам пожаров как зданий и сооружений, так и конструкций, материалов, используемых для строительства, отделки помещений, комплексы физкультурных, спортивно-оздоровительных объектов без трибун для посещения зрителями относятся к классу противопожарной безопасности Ф3.6 [8].

Среди особенностей спортивных комплексов стоит обратить внимание на низкий уровень противопожарных преград, что обусловлено наличием больших открытых помещений для занятий спортом большого числа людей. Анализ пожаров показывает, что в таких условиях огонь быстрее распространяется и охватывает большие площади. По этой причине пожарные подразделения могут испытывать трудности со своевременной локализацией пожара и его тушением [9]. Поэтому такой важный фактор как наличие должного числа противопожарных преград не должен игнорироваться. Их установка и правильное проектирование помещений и перегородок на начальных этапах строительства или при реализации фитнес-проекта поможет избежать неприятных последствий в будущем.

Для того чтобы проверить гипотезу о том, что требование к обеспечению беспрепятственного подъезда к зданию пожарной техники часто игнорируется, был проведен осмотр парковок 10 спортивных центров г. Твери (выборка случайная) и сделан вывод:

в часы пик (8.00–9.00 утра, обеденное время – 13.00–14.00, окончание трудового дня – 18.00–20.00) парковка переполнена, свободных машиномест нет (табл.).

Таблица. Проверка доступности подъезда пожарной техники к спорт-клубам г. Твери в часы пик

Название клуба	Утро		Обед		Вечер	
	затрудненный проезд	свободный проезд	затрудненный проезд	свободный проезд	затрудненный проезд	свободный проезд
My fit	+			+	+	
Atletic Gum		+		+	+	
Карпо	+			+	+	
Максимум		+		+		+
Румянцево	+		+		+	
Англанд	+		+		+	
Разминка		+	+		+	
MaxFit		+		+	+	
GFitness	+			+	+	
Vegas		+	+			+

Более того, как видно из таблицы, в двух из десяти клубов был выявлен затрудненный проезд в каждый из указанных пиковых временных промежутков, в остальных – подъезд для пожарной машины затруднялся в одном или сразу двух периодах в течение дня. Ни в одном из десяти спортивных центров беспрепятственный подъезд к главному входу здания во все указанные часы пик зафиксирован не был. Причиной этому в большинстве случаев является отсутствие у фитнес-центра собственной, соизмеримой с ожидаемым числом посетителей, парковки с пропускной системой, и расположение в этом же здании и близлежащих большого числа других учреждений с высокой посещаемостью.

Данные проверки подтверждают гипотезу о нарушении требования «Обеспечение беспрепятственного проезда к зданию противопожарной техники» ФЗ № 123-ФЗ фитнес-центров г. Твери. Что говорит о том, что при возникновении пожара в данный промежуток времени, развертывание сил и средств будет проходить более медленно, что является прямым риском для людей, находящихся в здании. В условиях пожара каждая секунда может стать решающей для сохранения жизни!

Последняя, но не менее важная особенность фитнес-центров в срезе пожарной безопасности – обучение персонала правилам поведения в экстремальных ситуациях. «На объекте защиты с массовым пребыванием людей руководитель организации обеспечивает проведение не реже 1 раза в полугодие практических тренировок по эвакуации лиц, осуществляющих свою деятельность на объекте защиты с массовым пребыванием людей, а также посетителей, покупателей, других лиц, находящихся в здании, сооружении» [10] – гласит постановление Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации». Однако, как видно из статистики пожаров и опроса персонала упомянутых клубов, многие фитнес-инструкторы и административные сотрудники комплексов никогда не участвовали в тренировках по эвакуации. А ведь особые физические данные этой категории трудящихся могли бы способствовать более быстрой локализации пожара и повышению уровня пожарной безопасности клуба! По мнению авторов, в фитнес-организациях тренировка по эвакуации должна стать обязательной при аттестации тренера как профессионала.

Прогнозирование опасных факторов пожара является одной из базовых составляющих при разработке рекомендаций по обеспечению безопасной эвакуации людей при пожаре, совершенствовании систем пожаротушения и разработке оперативных планов пожаротушения. Данный анализ особенностей пожаров в фитнес-клубах позволяет определить основные направления снижения пожарных рисков в учреждениях подобного рода.

Литература

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Международная пожарная статистика Международной ассоциации пожарно-спасательных служб // Вестник Воронежского ин-та ГПС МЧС России. 2016. № 1 (18). С. 71–103.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 29 июля 2017 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2008. № 30 (ч. 1).
3. Бахарева Ю.А. Специфические классификационные признаки многофункциональных объектов противопожарной защиты // Architecture and modern Information Technologies. 2018. № 2 (43). С. 31–40.
4. Присадков В.И., Муслакова С.В., Фадеев В.Е. К вопросу обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 1 (34). С. 49–58.
5. Терехнев В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Жилые и общественные здания и сооружения. Противопожарная защита и тушение пожаров. Кн. № 1. М.: Пожнаука, 2006. 314 с.
6. Собурь С.В. Огнезащита материалов и конструкций: учеб.-справочное пособие. М.: Пожкнига, 2008. 216 с.
7. Николаев А.Л. Пожарная безопасность в многофункциональных зданиях торгово-развлекательных комплексов // Инновации и инвестиции. Архитектура. Строительство. 2018. № 12. С. 225–232.
8. Классы пожарной безопасности и их виды. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/klassyi-pozharnoy-opasnosti> (дата обращения: 10.10.2020).
9. Кузовлев А.В. О факторах, влияющих на уменьшение временных показателей оперативного реагирования пожарных подразделений // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: сб. материалов VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Воронеж, 2017. С. 626–627.
10. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74580206/> (дата обращения: 05.02.2021).

УДК 614.849

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.С. Машин;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводится обзор статистических данных по количеству пожаров на металлопроизводственных предприятиях. Рассматриваются опасные и вредные производственные факторы, в том числе наиболее активные термические факторы,

характеризующиеся тепловой энергией и аномальной температурой. Описаны наиболее вероятные причины пожаров на производственных объектах.

Ключевые слова: производственные объекты, технологическое оборудование, аварии

ENSURING FIRE SAFETY AT INDUSTRIAL FACILITIES

A.S. Machin; E.N. Kadochnikova.

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

The article provides an overview of statistics on the number of fires in metal production plants. Hazardous and harmful production factors are considered, including the most active thermal factors characterized by thermal energy and abnormal temperature. The most probable causes of fires at production facilities are described.

Keywords: production facilities, process equipment, accidents

Проведение технического перевооружения на объектах производственного назначения сопровождается внедрением в производственные циклы усовершенствованных технологических установок, что, в свою очередь, требует более пристального внимания к вопросам обеспечения пожарной безопасности. На производственных предприятиях данный вопрос встает особенно остро. Обращающиеся на технологических участках производства горючие вещества вместе с находящимся там оборудованием создают опасность возникновения пожароопасных и взрывоопасных концентраций горючих веществ, которые могут привести к пожарам и взрывам [1].

Актуальность рассматриваемой темы подтверждается непрекращающимися случаями возгораний на объектах производственного назначения, несмотря на постоянное совершенствование и модернизацию производственных мощностей. Обращающиеся на технологических участках производства горючие вещества вместе с находящимся там оборудованием создают опасность возникновения пожароопасных и взрывоопасных концентраций горючих веществ, которые могут привести к пожарам и взрывам. Необходимо изучить пожарную опасность подобных объектов и разработать меры, максимально обеспечивающие пожарную безопасность на объектах производственного назначения [2].

При возникновении пожаров на производственных объектах возникает большая опасность для жизни и здоровья работников производства. Как правило, производственные цеха и технологические участки подобных производственных объектов занимают значительные площади. Например, инфраструктура крупного предприятия по производству резервуаров и других металлоконструкций как для нефтегазовой промышленности, так и для гражданского строительства, включает в себя: цеха заготовки, механической обработки, нержавеющей стали, изготовления оборудования и изделий из нержавеющей стали, финишных покрытий.

Ситуация отягощается тем, что многие производственные объекты расположены в значительном удалении от поселений, и не у всех предприятий есть объектовые пожарные части, способные быстро приехать и ликвидировать возгорание. В нормативные 10 мин подразделения пожарной охраны прибывают не всегда.

Также при пожарах на таких объектах нередки случаи гибели работников. Это объясняется сложным внутренним устройством производственных цехов. Пути эвакуации часто заставлены готовой продукцией, планы эвакуации и первичные средства пожаротушения внутри цехов не всегда видны из-за большого количества оборудования и трубопроводов [1, 2].

Согласно статистическим данным с официального сайта ФГБОУ ВНИИПИ МЧС России по количеству пожаров на металлопроизводственных предприятиях с 2016 по 2019 г., количество пожаров шло на спад и к 2019 г. уменьшилось до 195 (на 306 меньше, чем в 2016 г.). Но в 2020 г. произошло резкое увеличение количества пожаров до 594 (в три раза

больше, чем в 2018 г.). Всего за период с 2016 по 2020 г. произошло 1 943 пожара. Всего за период с 2016 по 2020 г. от пожаров погиб 101 человек. С 2016 по 2018 г. количество погибших шло на спад и за 3 года уменьшилось на 10 человек. В 2019 г. произошел резкий скачок, и количество погибших возросло до 25 человек. Количество травмированных в период с 2016 по 2020 г. составило 154 человека. В общем, наблюдается динамика снижения количества пострадавших. Только в 2018 г. произошло увеличение количества травмированных до 37 человек. В период с 2016 по 2020 г. размер ущерба от пожаров составил – 30 900 203 руб. Ущерб в 2019 г. резко возрос, но в 2020 г. достиг огромного числа – 27 276 441 руб. (рис.).



Рис. Количество пожаров с 2016 по 2020 г. на металлопроизводственных предприятиях

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) устанавливает требования к производственному оборудованию, технологическим процессам и средствам защиты, предохраняющим работников от опасных и вредных производственных факторов.

Активными опасными и вредными производственными факторами являются термические факторы, характеризующиеся тепловой энергией и аномальной температурой. К ним относятся:

- температура нагретых предметов и поверхностей;
- температура открытого огня, а также пожара, химических реакций и других источников;
- аномальная температура воздуха.

Ярко выраженные термические факторы наблюдаются в технологических процессах литейных, кузнечнопрессовых, сварочных и термических производств, они обусловлены нагреванием изделий и материалов до высоких температур.

Резкое повышение температуры воздуха и интенсивный нагрев поверхностей на рабочих местах наблюдается при выполнении операций плавки, разливки, формовки, штамповки,ковки, при извлечении металлических заготовок после термической обработки (отпуск, отжиг, закалка) в высокотемпературных печах. Операции сушки и отверждения материалов также связаны с воздействием высоких температур на работников. Избыточные тепловыделения являются основным фактором, ухудшающим условия труда работников и обуславливающим пожаровзрывоопасность.

Согласно приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах» анализ пожарной опасности объекта предусматривает:

- анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на объекте;
- определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;
- определение для каждого технологического процесса перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную.

В анализе пожарной опасности технологического процесса сопоставляются показатели пожарной опасности веществ и материалов, которые обращаются в технологическом процессе с параметрами процесса [1–3].

Потенциальные источники зажигания выясняются через сопоставление параметров технологического процесса с показателями пожарной опасности веществ и материалов.

Проанализировав пожарную опасность технологического процесса, можно составить перечень пожароопасных аварийных ситуаций, которые влекут за собой пожары, взрывы, опасные факторы пожара:

1. Нарушение технологического регламента работы с аппаратами.

- перелив жидкости при сливноналивных операциях;
- разрушение оборудования вследствие превышения давления по технологическим причинам;
- появление источников зажигания в местах образования горючих газопаровоздушных смесей.

2. Разгерметизация технологического оборудования. Выделяют механические, температурные и химические воздействия. Наиболее часто к разгерметизации приводят механические воздействия на используемое оборудование, возникающие в результате:

- неравнозначной замены или нарушения нормального режима работы устройств, обеспечивающих подачу горючих веществ в аппараты;
- из-за интенсивного влияния внешних источников теплоты;
- вследствие переполнения аппаратов;
- по причине нарушения режима обогрева или охлаждения аппаратов.

Кроме всего вышеперечисленного необходимо учитывать химические (химическая и электрохимическая коррозия) и температурные воздействия (повышенные или пониженные температуры и температурные напряжения).

3. Механическое повреждение оборудования как результат ошибок работника, падение предметов, некачественное проведение ремонтных и регламентных работ.

Требуемый уровень пожарной безопасности производственного объекта может быть достигнут за счет внедрения мер противопожарной защиты.

На основе анализа пожарной опасности объекта при необходимости проводится определение комплекса дополнительных мероприятий, изменяющих параметры технологического процесса до уровня, обеспечивающего допустимый [1, 2].

По ГОСТ 12.0.003–2015 к активным опасным и вредным производственным факторам относятся те, которые оказывают воздействие на человека посредством заключенных в них энергетических ресурсов.

Ярко выраженные термические факторы наблюдаются в технологических процессах литейных, кузнечнопрессовых, сварочных и термических производств, они обусловлены нагреванием изделий и материалов до высоких температур. Производственные помещения, где явное удельное тепловыделение превышает 23 Вт/м^3 , относят к горячим помещениям или цехам. Избыточное тепловыделение создает тяжелые условия труда для работников, приводит к ухудшению их самочувствия, обуславливает снижение эффективности труда работников. Резкое повышение температуры воздуха и интенсивный нагрев поверхностей на рабочих местах наблюдается при выполнении операций плавки, разливки, формовки, штамповки,ковки, при извлечении металлических заготовок после термической обработки (отпуск, отжиг, закалка) в высокотемпературных печах.

Средства защиты работников от опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.4.011–89 разделены на две группы: средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты.

СКЗ в горячих помещениях предохраняют строительные конструкции и материалы от воспламенения. В случае возникновения пожара или взрыва огнестойкость строительных конструкций должна обеспечивать необходимое время эвакуации – время, в течение которого возможна эвакуация работников в безопасных условиях [4–10].

На основе анализа пожарной опасности объекта при необходимости проводится определение комплекса дополнительных мероприятий, изменяющих параметры технологического процесса до уровня, обеспечивающего допустимый.

Характеристика современного производственного объекта, как правило, не возможна без упоминания:

- большого количества хранящихся и используемых в производственном процессе взрывопожароопасных веществ, сырья, материалов и готовой продукции;
- усовершенствованного в техническом плане оборудования;
- достаточного количества электрооборудования, электрокабелей, пусковой и регулирующей аппаратуры;
- огромных производственных площадей [3].

Интенсификация технологических процессов, обусловленная научно-техническими достижениями в различных отраслях, наряду с количественным ростом, приводит к масштабным качественным изменениям технологии, что, в свою очередь, существенно повышает пожарную опасность производств.

Литература

1. Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Основы обеспечения производственной безопасности: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 479 с.
 2. Бушнев Г.В., Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности технологических процессов и производств: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 638 с.
 3. Самигуллин Г.Х., Симонова М.А., Кадочникова Е.Н. Методика оценки промышленных рисков на опасных производственных объектах: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 148 с.
 4. Андрюшкин А.Ю. Применение сверхзвукового газодинамического напыления при многоструйной подаче газа для снижения вероятности отказа многослойных функциональных покрытий: монография. СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2021. 258 с.
 5. Технологические аспекты напыления многослойных покрытий на стационарную технику специального назначения / А.Ю. Андрюшкин [и др.] // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 7–8 (109–110). С. 68–76.
 6. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2013. 204 с.
 7. Козий С.С., Козий Т.Б., Морозов В.В. Исследование интенсивности теплового излучения и эффективности теплозащитных экранов: метод. указания, исп. и доп. Самара: Изд-во СГАУ, 2015. 32 с.
 8. Аржаева Н.В., Орлова Н.А., Соболев С.В. Тепломассообмен. Практикум: учеб. пособие / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. Пенза: ПГУАС, 2013. 112 с.
 9. Береговой А.М. Ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными качествами. 2-е изд., перераб. и доп. М.: АСВ, 1999. 312 с.
 10. Бродский В.И. Показатели качества технических средств коллективной защиты // Системные технологии. 2019. № 30. С. 18–22.
-
-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андреев Василий Сергеевич – студент ин-та безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Антошина Татьяна Николаевна – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Барбин Николай Михайлович – вед. науч. сотр. науч.-исслед. отд. учеб.-науч. комплекса пожаротушения и провед. авар.-спас. работ Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), д-р техн. наук, проф.;

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

Каланин Игорь Иванович – ст. препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кобелев Антон Михайлович – ст. науч. сотр. науч.-исслед. отд. учеб.-науч. комплекса пожаротушения и провед. авар.-спас. работ Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), канд. техн. наук;

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Марков Иван Сергеевич – препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Машин А.С. – слушатель магистратуры СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Пашкин Сергей Борисович – проф. каф. психол. проф. деят. РГПУ им. А.И. Герцена (191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 48), д-р пед. наук, проф.;

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

Петросян Самвел Хачатурович – препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Пивоварова Инна Ивановна – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Свидзинская Галина Борисовна – доц. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц.;

Титов Станислав Андреевич – науч. сотр. науч.-исслед. отд. учеб.-науч. комплекса пожаротушения и провед. авар.-спас. работ Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22);

Штепа Михаил Витальевич – помощник нач. караула ПСЧ № 3 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Тамбовской обл. (392013, г. Тамбов, ул. Агапкина, д. 9).

ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, а также осуществляет переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем, организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России.

Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации; факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА); факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности НИИ: организационное и научно-методическое руководство судебными экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стржевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета

за рубежом: Алма-Ата (Республика Казахстан), Баку (Азербайджанская Республика), Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств – участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями Университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-Сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны (МОГО), Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального

образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом.

В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фондов. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом в электронных каталогах и картотеках. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) **электронной версией** статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) **плата** с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: УДК (универсальная десятичная классификация); название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в текст или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт: URL: <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

Правила оформления списка литературы:

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
- б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Внимание авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное анонимное рецензирование.



МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Природные и техногенные риски
(физико-математические и прикладные аспекты)

№ 3 (39) – 2021

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 28.09.2021. Формат 60×84_{1/8}
Усл.-печ. 9,25 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 98

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