

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
№ 1–2023

Редакционный совет

Председатель – кандидат технических наук, доцент генерал-лейтенант внутренней службы **Гавкалюк Богдан Васильевич**, начальник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Сопредседатель – доктор наук **Савич Бранко**, директор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Заместитель председателя – доктор технических наук, доцент **Зыбина Ольга Александровна**, заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по научной работе.

Заместитель председателя – доктор наук **Милисавлевич Бранко**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор химических наук, профессор **Ивахнюк Григорий Константинович**, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

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

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Чешко Илья Данилович**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор наук **Бабич Бранко**, преподаватель Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Карабасил Драган**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Петрович Гегич Анита**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия);

кандидат технических наук полковник внутренней службы **Иванов Юрий Сергеевич**, первый заместитель начальника Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь).

Секретарь совета:

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук **Наташа Суботич**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

Редакционная коллегия

Председатель – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, начальник редакционного отдела Центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционной коллегии:

кандидат педагогических наук **Кузьмина Татьяна Анатольевна**, доцент кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (ответственный за выпуск);

подполковник внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший преподаватель кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

подполковник внутренней службы **Гайдукевич Александр Евгеньевич**, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Бельшина Юлия Николаевна**, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Бобров Александр Иванович**, заместитель начальника кафедры гражданской обороны, защиты населения и территорий (в составе учебно-научного комплекса гражданской обороны, защиты населения и территорий) Академии ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент **Кузьмин Александр Алексеевич**, доцент кафедры механики Санкт-Петербургского государственного технологического института (технологического университета);

доктор технических наук **Петра Танович**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Хвайоунг Ким**, доцент отдела пожарной безопасности университета Кюнбил (Республика Корея);

кандидат технических наук **Навроцкий Олег Дмитриевич**, начальник отдела Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь).

Секретарь коллегии:

старший лейтенант внутренней службы **Чурилина Валерия Валерьевна**, редактор редакционного отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

СОДЕРЖАНИЕ

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Черноусов И.Ю., Кузьмина Т.А., Кондрашин А.В. Организация и особенности осуществления контрольной (надзорной) деятельности в области гражданской обороны в 2023 году 4

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Воронцова А.А., Принцева М.Ю., Лобова С.Ф. Возможности и тенденции развития всероссийской спектральной базы данных по средствам поджога 9

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Шахматов В.А. Оценка пожарного риска здания на примере студенческого общежития 14

Свиридов Е.В. Оценка пожарного риска на предприятии пищевой промышленности ООО «Мукомол Поволжья» 20

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Виноградов В.Н., Луговой А.А., Трунова А.В. Методика анализа пожарной опасности производств 27

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Турова М.А., Политаева Н.А. Исследование содержания частиц микропластика в донных отложениях Ладожского озера 33

Иванова А.А. Значимость маркировки защитных костюмов для управления процессами охраны труда на производстве 42

Кучишкин К.С. «Матрица последствий и вероятностей» как метод оценки профессионального риска 47

ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

Воронцова А.А., Путинцева Е.Н., Лобова С.Ф. Анализ информационных систем, применяемых в центрах управления в кризисных ситуациях при организации и проведении аварийно-спасательных работ 52

Лабинский А.Ю. Анализ работоспособности и помехоустойчивости алгоритма прогнозирования с использованием принципа самоорганизации 56

Авторам журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности» 61

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», без письменного разрешения редакции не допускается

ББК Н96С+Ц.9.3.1+Х.5
УДК 349

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Редакция журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт научно-аналитического журнала: WWW.ND.IGPS.RU

Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU.

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Научная статья

УДК 351.861

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ (НАДЗОРНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ В 2023 ГОДУ

Черноусов Илья Юрьевич;

✉ **Кузьмина Татьяна Анатольевна;**

Кондрашин Алексей Викторович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ *kuzmina@igps.ru*

Аннотация. Рассмотрены вопросы организации и реализации контрольных (надзорных) мероприятий в 2023 г. Отмечены основания и порядок проведения внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий. Приведен порядок продления в автоматическом режиме срока исполнения предписания об устранении выявленных нарушений. Упомянута проблематика, заключающаяся в неоднозначности трактовки некоторых положений нормативных правовых актов Российской Федерации. Приведен ряд изменений, коснувшихся списка контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований при осуществлении федерального государственного надзора в области гражданской обороны. Отмечены новые подходы как векторы направления по осуществлению контрольных (надзорных) и профилактических мероприятий в области гражданской обороны в текущем году. Отмечены особенности проведения профилактических мероприятий как основной формы работы надзорных органов. Констатировано, что деятельность должностных лиц надзорных органов, осуществляющих федеральный государственный надзор в области гражданской обороны, переориентирована на осуществление профилактических мероприятий.

Ключевые слова: контрольные (надзорные) мероприятия в области гражданской обороны, отмена контрольных (надзорных) мероприятий, профилактические мероприятия, проверочный лист, профилактический визит

Для цитирования: Черноусов И.Ю., Кузьмина Т.А., Кондрашин А.В. Организация и особенности осуществления контрольной (надзорной) деятельности в области гражданской обороны в 2023 году // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 4–8.

Введение

Правительство Российской Федерации с целью снижения давления на организации, органы местного самоуправления и органы исполнительной власти продлило на 2023 г. ограничения, установленные постановлением Правительства Российской Федерации от 10 марта 2022 г. № 336, и дополнило данное постановление определенными положениями [1–4]. Ограничения и специальные условия, введенные законодателем, продлены до 31 декабря 2023 г., однако имеются определенные исключения. Так, ограничения не коснулись возможности проведения плановых и внеплановых проверок за реализацией федеральными органами исполнительной власти полномочий в области гражданской обороны (ГО).

Реализация задачи, возложенной Правительством Российской Федерации на органы, осуществляющие надзор в области ГО, будет достигаться за счет проведения профилактических мероприятий в отношении контролируемых лиц.

Основания и порядок проведения внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий

Правительством Российской Федерации определены основания и порядок проведения внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий в 2023 г. Основания подразделяются на два типа, первый из которых требует согласования с органами прокуратуры, а второй без такового соответственно. К примеру, для проведения внеплановой выездной проверки в отношении организации, основанием для которой является истечение срока исполнения предписания об устранении выявленных нарушений обязательных требований в области ГО, требуется согласование с органами прокуратуры. При этом нарушения, устранение которых подвергается проверке, должны представлять непосредственную угрозу причинения вреда жизни и тяжкого вреда здоровью граждан, обороне страны и безопасности государства, возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, и их (нарушений), если оценка таковых невозможна на основании документов и иной информации, имеющейся в Главном управлении МЧС России по субъекту Российской Федерации. На деле, критерии, представляющие непосредственную угрозу, будет определять орган прокуратуры соответствующего субъекта Российской Федерации, так как законодательно такие понятия не закреплены, и достоверность информации (документации), имеющейся в контрольном (надзорном) органе, может быть искажена и далека от реальности.

При подготовке к процессу согласования внепланового контрольного (надзорного) мероприятия необходимо запросить у контролируемого лица информацию об исполнении ранее выданного предписания об устранении выявленных нарушений обязательных требований в области ГО. После получения истребованных сведений должностное лицо, ответственное за данное направление, оценивает их исполнение и в случае подтверждения неисполнения предписания готовит мотивированное представление. В таком случае на лицо, подготавливающее мотивированное представление вышестоящему начальнику, ложится бремя ответственности за раскрытие характеристик тех нарушений, которые могут представлять непосредственную угрозу жизни, здоровью, обороне страны, безопасности государства. При раскрытии таких характеристик следует уделить особое внимание основным положениям нормативных правовых актов Российской Федерации, закрепляющих основы безопасности, а также действию либо бездействию контролируемых лиц при несоблюдении требований в области ГО, которые могут привести к непосредственной угрозе. В случае согласия начальника надзорного органа с мотивированным представлением направляется заявление в орган прокуратуры о согласовании проведения внепланового контрольного (надзорного) мероприятия, при этом к заявлению прилагаются все документы, собранные в ходе подготовки к данному мероприятию.

Аналогичный порядок по подготовке и согласованию предусматривается по внеплановым выездным проверкам в отношении исполнительных органов субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления за реализацией полномочий в области ГО.

Продление в автоматическом режиме срока исполнения предписания об устранении выявленных нарушений

Возможность автоматического продления срока устранения нарушения, указанного в предписании, как и в 2022 г., остается и применяется к тем нарушениям, которые еще не устранены. Автоматическое продление срока устранения заключается в продлении срока устранения нарушений на 90 календарных дней без ходатайств либо заявлений объекта надзора с даты срока устранения выявленного нарушения. Рекомендуется при наступлении срока устранения нарушения делать запрос контролируемому лицу о выполнении нарушений с разъяснением права о направлении ходатайства об окончании исполнения предписания, отсрочки исполнения либо разрешении вопросов, связанных с исполнением предписания. Так, в случае предоставления ходатайства и документов, подтверждающих выполнение нарушений, должностное лицо, вынесшее предписание, обязано в порядке ст. 94 Федерального закона Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ [1] рассмотреть его и вынести соответствующее решение.

Вопрос о том, может ли продлеваться в автоматическом режиме предписание об устранении выявленных нарушений по реализации полномочий в области ГО, выданных исполнительным органам субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления, законодателем не раскрыт и требует соответствующего разъяснения, так как данные предписания были выданы в соответствии с Федеральным законом от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ [5]. Вместе с тем Главное управление МЧС России по субъекту Российской Федерации вправе обратиться в соответствующий орган прокуратуры за разъяснениями по данному вопросу.

В случае невыполнения предписания по устранению нарушений после автоматического продления контролируемое лицо вправе направить ходатайство (заявление) о дополнительном продлении срока исполнения предписания в соответствующее Главное управление МЧС России, но не позднее предпоследнего дня срока, продленного в автоматическом режиме. Срок рассмотрения ходатайства или заявления составляет пять рабочих дней. Вместе с тем максимальный срок отсрочки исполнения предписания закреплен п. 1 ст. 93 № 248-ФЗ [1] и составляет один год.

Таким образом, в 2023 г. возникает неопределенность с исполнением предписаний, продленных в 2022 г., состоящая в отсутствии законодательно закрепленной нормы по повторному продлению срока исполнения неисполненных нарушений в области ГО. С одной стороны, должностное лицо должно продлить срок исполнения предписания устранения нарушений, а с другой, такая обязанность уже исполнена в 2022 г.

Гораздо меньше вопросов возникает при работе, направленной на согласование с органами прокуратуры соответствующего субъекта Российской Федерации «при выявлении индикаторов риска нарушения обязательных требований» [6]. Отсутствие информации у надзорного органа о защитных сооружениях ГО у контролируемого лица, снявшего имеющееся у него с учёта защитное сооружение ГО, уже говорит о предполагаемом нарушении, но прямо на это не указывает. Сведения по данным параметрам индикатора необходимо истребовать в подразделении Главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации, в чьи полномочия входит задача по подготовке документации на снятие с учета (изменение типа) защитных сооружений ГО. При подготовке и направлении заявления на согласование внепланового контрольного (надзорного) мероприятия необходимо учесть основания для отказа в согласовании, поскольку только такие основания могут препятствовать проведению внепланового мероприятия. Вместе с тем для успешного согласования нужно соблюсти порядок, закрепленный приказом Генпрокуратуры России от 2 июня 2021 г. № 294 [7].

Профилактические мероприятия как основная форма работы надзорных органов

Законодатель, внося мораторий на осуществление контрольных (надзорных) мероприятий и проверок, параллельно дает понять всем участникам взаимоотношений, что теперь основной вектор работы надзорных органов направлен на проведение профилактических мероприятий [4]. Вместе с тем Правилами [3] вообще не предусмотрена какая-либо профилактическая работа, и как она будет осуществляться в данном государственном надзоре – тоже не установлено. Вопрос проведения профилактической работы необходимо решать на уровне субъекта Российской Федерации путем направления соответствующего запроса в орган прокуратуры субъекта Российской Федерации. При решении данного вопроса так же, как и при решении вопроса согласования внепланового контрольного (надзорного) мероприятия, все зависит от доведения до органа прокуратуры правильной и обоснованной позиции соответствующего Главного управления МЧС России.

Что касается федерального государственного надзора в области ГО, то тут с профилактическими мероприятиями дела обстоят гораздо лучше. Здесь определен исчерпывающий перечень профилактических мероприятий. Безусловно, из данных мероприятий основными и наиболее действующими в 2023 г. становятся профилактические визиты, консультации и объявление предостережений. Результаты и сведения о проведенных визитах и объявленных предостережениях, несомненно, должны найти своё отражение в Едином реестре контрольных (надзорных) мероприятий (ЕРКНМ).

Осуществление дистанционного способа проведения профилактических визитов открывает перед уполномоченными должностными лицами Главного управления МЧС России возможность сгруппировать однотипные объекты надзора и провести расширенную онлайн конференцию.

В уведомлении контролируемого лица о проведении обязательного профилактического визита должны содержаться следующие сведения:

- ссылки на положения ФЗ [1] и Положения [2], в соответствии с чем лицо уведомляется;
- разъяснение способов проведения визита (по месту осуществления деятельности или дистанционно);
- примерное содержание визита;
- разъяснение прав контролируемого лица на отказ от визита;
- дата и время проведения визита, а также дата, до которой необходимо уведомить контрольный орган об отказе либо о согласии с визитом;
- отметка о размещении сведений в ЕРКНМ с указанием учетного номера и QR-кода, обеспечивающего переход на страницу в сети «Интернет».

В рамках осуществления профилактических визитов может быть оказана консультация и объявлено предостережение.

Содержание профилактического визита заносится в учетную карточку, типовая форма которой утверждена приказом МЧС России от 25 октября 2021 г. № 726 [8], а учет карточек отражается в журнале профилактических визитов. В карточку помимо утвержденных сведений вносятся и дополнительные сведения о размещении профилактического мероприятия в ЕРКНМ с соответствующим QR-кодом.

Консультирование осуществляет должностное лицо в ходе профилактического или контрольного (надзорного) мероприятия.

Вопросы консультирования, по которым должностное лицо надзорного органа может предоставить ответы, ограничены определенной тематикой.

Профилактическое мероприятие, такое как объявление предостережения контролируемому лицу надзорным органом, на сегодняшний день уже имеет практическое применение и определенный результат. Однако с применением его на практике зачастую у должностных лиц надзорных органов возникают вопросы. Положения нормативных правовых актов Российской Федерации дают надзорным органам определенную возможность объявления предостережения контролируемому лицу как при проведении профилактических мероприятий (профилактические визиты и консультации), так и при работе с жалобами и обращениями [8–9]. Сведения о выдаче контролируемому лицу предостережения вносятся в ЕРКНМ с присвоением QR-кода.

С 1 марта 2022 г. вступил в действие новый проверочный лист [10].

Основными изменениями в новой форме в сравнении с прежней является:

- обязательное наличие отметки о размещении в ЕРКНМ с соответствующим QR-кодом;
- увеличение объема информации, которую необходимо заполнить о контрольном (надзорном) мероприятии и о проверяемом лице;
- изменение вариантов ответов на вопросы – вместо одного столбца с предполагаемыми ответами «да, нет либо не применяется» появилось четыре отдельных столбца с формулировкой «да, нет, не применяется, примечание»;
- наличие в конце проверочного листа указания должностей лиц, проводивших контрольное (надзорное) мероприятие и заполнивших проверочный лист;
- увеличение количества контрольных вопросов со 111 до 119;
- указание актуальных реквизитов нормативных правовых актов.

Заключение

На основании вышеизложенного определяются новые подходы и векторы направления по осуществлению контрольных (надзорных) и профилактических мероприятий. Стоит

отметить, что запреты и ограничения не коснулись надзора за реализацией федеральными органами исполнительной власти полномочий в области ГО. Деятельность должностных лиц надзорных органов, осуществляющих федеральный государственный надзор в области ГО, переориентирована и направлена на осуществление профилактических мероприятий.

Список источников

1. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

2. О федеральном государственном надзоре в области гражданской обороны: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 июня 2021 г. № 1007. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

3. О государственном надзоре за реализацией органами государственной власти и органами местного самоуправления полномочий в области гражданской обороны: постановление Правительства Рос. Федерации от 9 июня 2022 г. № 1052. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

4. Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля: постановление Правительства Рос. Федерации от 10 марта 2020 г. № 336. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

5. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 6 окт. 2003 г. № 131-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

6. Об утверждении индикатора риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного надзора в области гражданской обороны: приказ МЧС России от 26 окт. 2021 г. № 730. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

7. О реализации Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248 «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»: приказ Генеральной прокуратуры Рос. Федерации от 2 июня 2021 г. № 294. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

8. Об утверждении форм документов, используемых при осуществлении федерального государственного надзора в области гражданской обороны: приказ МЧС России от 25 окт. 2021 г. № 726. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

9. О типовых формах документов, используемых контрольных (надзорных) органом: приказ Минэкономразвития от 31 марта 2021 г. № 151. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

10. Об утверждении формы проверочного листа (списка контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемого при осуществлении федерального государственного надзора в области гражданской обороны: приказ МЧС России от 4 февр. 2022 г. № 61. Доступ из информ.-правового портала «КонсультантПлюс».

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 17.02.2023; принята к публикации: 21.02.2023

Информация об авторах:

Черноусов Илья Юрьевич, магистрант Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149)

Кузьмина Татьяна Анатольевна, доцент кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат педагогических наук, e-mail: kuzmina@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3573-785X>

Кондрашин Алексей Викторович, начальник кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Научная статья
УДК 614.841.249

ВОЗМОЖНОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВСЕРОССИЙСКОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО СРЕДСТВАМ ПОДЖОГА

✉ **Воронцова Анна Анатольевна;**

Принцева Мария Юрьевна;

Лобова Софья Федоровна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ *annavorontsova@msn.com*

Аннотация. Описаны этапы работы с созданной в Исследовательском центре экспертизы пожаров всероссийской базой данных по спектрам флуоресценции, показаны возможности ее усовершенствования. Разработана улучшенная логическая структура базы данных для хранения больших объемов информации и для осуществления быстрого поиска и идентификации спектров флуоресценции, полученных от горючих жидкостей, произведенных в разных регионах Российской Федерации. Повышена точность определения максимальных значений интенсивности флуоресценции с возможностью варьировать ее в допустимых пределах. Описаны этапы внедрения базы данных в работу судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы МЧС России.

Ключевые слова: средства поджога, база данных, горючие жидкости, спектры флуоресценции, пожарно-техническая экспертиза

Для цитирования: Воронцова А.А., Принцева М.Ю., Лобова С.Ф. Возможности и тенденции развития всероссийской спектральной базы данных по средствам поджога // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 9–13.

Количество пожаров, причиной которых является поджог, на сегодняшний день остается стабильно высоким. По статистике в России за 2020 г. по этой причине произошло 8 758 пожаров [1]. Большое разнообразие и широкое распространение в повседневной жизни различных легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (ЛВЖ, ГЖ), применяемых поджигателями для совершения преступлений, обуславливает необходимость создания при обнаружении и исследовании средств поджога всероссийской базы по спектрам флуоресценции.

Всероссийская база спектров флуоресценции горючих жидкостей [2–3] создана для хранения и систематизации данных, предоставленных из различных регионов Российской Федерации. Использование таких данных существенно ускоряет и упрощает проведение пожарно-технических экспертиз по делам о поджогах с применением горючих жидкостей и их смесей. Всероссийская база спектральных данных средств поджога в настоящее время используется в работе экспертами судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы МЧС России (СЭУ ФПС МЧС России). В ходе создания базы спектральных данных разработана логическая структура для хранения больших объемов информации и для осуществления быстрого поиска и идентификации спектров флуоресценции, полученных от неизвестных средств поджога. База содержит оцифрованные спектры флуоресценции горючих жидкостей как исходных, так и выгоревших, в объеме, достаточном для идентификации образцов неизвестных горючих жидкостей, изъятых с места поджога. Спектры флуоресценции в базе данных представлены в виде цифровых инвариантов, что обеспечивает поиск, обработку и идентификацию материалов с помощью программных средств. Оцифровка спектров флуоресценции производится при помощи программы спектрометра и дополнительно обрабатывается системой управления базой

данных с целью уменьшения цифрового инварианта в единицах хранения информации. Система управления базой данных округляет значения интенсивности флуоресценции до десятичных значений и определяет характерные числа спектра – максимальные значения интенсивности флуоресценции для исследуемого вещества. Точность определения максимальных значений интенсивности флуоресценции определяет пользователь по своему усмотрению. Данные операции необходимы для оптимизации времени поиска схожих инвариантов и формирования экспертных выводов для неизвестного вещества. Дополнительно система управления базой данных формирует аналитическую справку, содержащую результаты с обнаруженными на спектре исследуемой пробы областями и максимумами флуоресценции разных групп ароматических углеводородов (рис. 1):

- моноциклические ароматические углеводороды (МАУ) 270–300 нм – гомологи бензола;
- бициклические ароматические углеводороды (БАУ) 300–330 нм – группы дифенила и нафталина;
- трициклические ароматические углеводороды (ТАУ) 330–370 нм – группы фенантрена;
- полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) 370–390, 390–410, 410–430 нм – группы антрацена, пирена и др.

Таким образом, структура и содержание базы данных по горючим жидкостям (средствам поджога) обеспечивают хранение и обработку следующих материалов:

1) оцифрованные спектры флуоресценции горючих жидкостей и их выгоревших инвариантов;

2) максимальные значения интенсивности спектров флуоресценции горючих жидкостей;

3) информацию о производителе горючей жидкости и степени выгорания.

На рис. 1 и 2 показан интерфейс программы, осуществляющей поиск информации по базе спектральных данных.

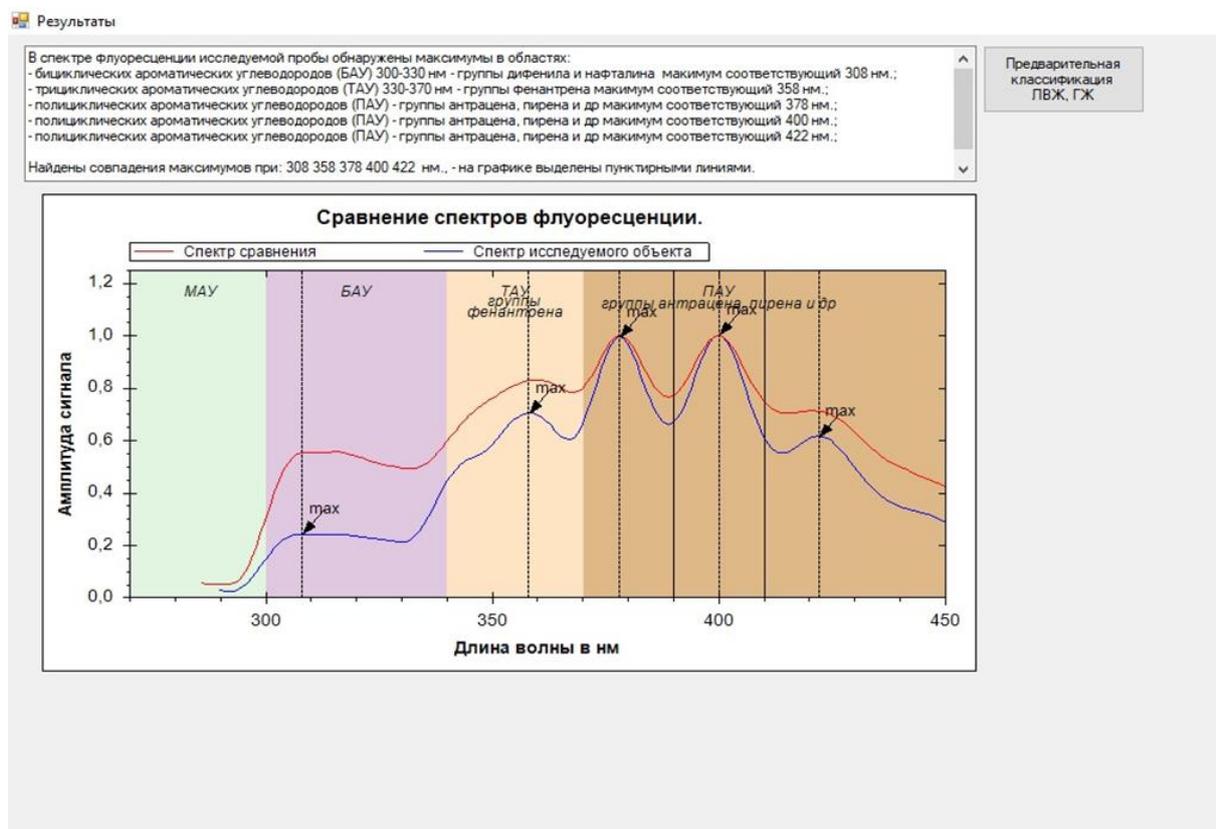


Рис. 1. Графическое изображение сравнения спектров флуоресценции в программе поиска по базе спектров флуоресценции

Программа поиска спектров

| № Исследуемого объекта | Спектр | Расположение линий в спектре |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 290,00 0,084597 291,00 0,074548 ... | 0,24 308 0,7 358 0,99 378 1 400 0,... |

Добавить спектр исследуемого объекта

Формат поиска

Совпадение любых линий спектра

ИПП по Краснодарскому краю

Поиск

Результаты поиска

| Информация о спектре сравнения | Положение совпавших линий и интенсивности табличного спектра, нм | Положение совпавших линий | Количество совпавших линий |
|---------------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|
| Нефрас А-130/150 (ГОСТ 10214-78),с... | 0,5 307 0,49 321 0,63 359 0,94 378 1 ... | 308 358 378 400 422 | 5 |
| Растворитель №1, ТУ2319-081-3281... | 0,17 306 0,17 317 0,3 358 0,91 378 1 ... | 308 358 378 400 422 | 5 |
| Бензин Премиум ЕВРО-95, вид 3 (АИ... | 0,48 291 0,79 309 0,76 319 0,76 346 ... | 308 358 378 400 422 | 5 |
| Растворитель 647, ГОСТ 18188-72,ст... | 0,55 309 0,56 315 0,83 360 1 378 1 4... | 308 358 378 400 422 | 5 |
| Растворитель №1 универсальный, Т... | 0,15 306 0,18 327 0,39 343 0,43 360 ... | 308 358 378 400 422 | 5 |

Растворитель 647, ГОСТ 18188-72, степень выгорания 99 масс. %.
Производитель: ООО "ДПЖИ-НН" для ООО "Дзержинскпромхиминвест", г. Нижний Новгород (дата изготовления: 17.03.16 г.) - ИПП по Краснодарскому краю, 2016 г.

Справка Очистить форму

Рис. 2. Окно программы поиска по базе спектров флуоресценции

Для идентификации спектра флуоресценции, полученного от неизвестного вещества, достаточно загрузить в программу его оцифрованный инвариант, для этого необходимо нажать на кнопку «Добавить спектр исследуемого объекта» (рис. 2) левой кнопкой компьютерной мыши, затем выбрать форматы поиска и запустить поиск по базе данных. В результате программа поиска выдаст результат сравнения и комментарии, которые эксперт может использовать в дальнейшем в своих выводах при написании заключения.

На сегодняшний день база спектральных данных содержит более 4 000 спектров флуоресценции исходных и с разной степенью выгорания горючих жидкостей, произведенных в различных регионах Российской Федерации. По мере заполнения базы данными спектрами флуоресценции сотрудниками Центра экспертизы пожаров ежегодно формируется обновленная база данных.

На рис. 3 представлена таблица для хранения спектров флуоресценции и информации о них.

| A | B | C | D |
|----|---|--|--|
| id | text | information | index |
| 1 | Оцифрованный спектр | Информация о спектре | Характеристические числа спектра |
| 4 | 265,00 0,149663 266,00 0,129787 267,00 0,118498 268,00 0,128029 269,00 0,166385 270,00 0,236962 271,00 0,338452 | Бензин автомобильный неэтилированный марки нормаль 80 класс 4 (ГОСТ Р 51105-97 с изменением 1-4) завод изготовитель ООО "Лукойл - Волгонефтепродукт" (Нижегородская область, Кстовский район, пос. Дружный)-ИПЛ Нижегородской обл., 2010 г. | 0,98 309 1 321 0,1 402 0,637 288 0,155 380 |
| 10 | 265,00 0,134035 266,00 0,165509 267,00 0,209408 268,00 0,283933 269,00 0,389530 270,00 0,528857 271,00 0,693826 | Бензин автомобильный неэтилированный с улучшенными экологическими свойствами (городской) марки АИ-80 (ТУ 38.401-58-171-96 с изм.1-7) завод изготовитель ОАО "Московский нефтеперерабатывающий завод" (г. Москва, Капотня, 2, квартал, д.1/3)-ИПЛ Нижегородской обл., 2010 г. | 0,97 292 1 304 0,08 402 0,85 320 0,11 380 |

Рис. 3. Таблица для хранения оцифрованных спектров флуоресценции и информации о них

Электронная база спектральных данных по средствам поджога и руководство по работе с ней расположены на официальном сайте Исследовательского центра экспертизы пожаров. Зарегистрированный эксперт Испытательной пожарной лаборатории МЧС России имеет доступ к дистрибутиву программы системы управления и к базе данных.

В дальнейшем планируется программирование системы управления, позволяющее анализировать и идентифицировать спектры флуоресценции, полученные в ходе выполнения пожарно-технических экспертиз по делам о поджогах с применением интернет технологий. Для выполнения поставленной задачи необходима система управления базой данных с удаленным доступом по сети Интернет через любой веб-обозреватель. Это означает, что база данных будет локально храниться на сервере Исследовательского центра экспертизы пожаров, к которому будет разрешен доступ экспертов Испытательных пожарных лабораторий с различных компьютеров сети Интернет. В связи с чем предполагается полностью перепрограммировать систему управления базой данных в виде веб-приложения на языке C# [4–6] с применением технологии ASP. NET (Active Server Pages для NET) [7], что уберет зависимость функций исполняемых программ от операционной системы и позволит осуществлять доступ к базе данных из различных гаджетов, таких как мобильные телефоны и планшеты. Архитектура веб-приложения уже разработана и состоит из серверной и клиентской части, с учетом технологии «клиент-сервер». Пользовательский интерфейс (клиентская часть веб-приложения) разработан с учетом пожеланий пользователей базой спектральных данных, интуитивно понятен и выполнен с учетом передовых концепций визуализации. Основной задачей клиентской части является загрузка и обработка спектра флуоресценции горючей жидкости, в форму, пригодную для формирования запроса к серверу, на котором хранится база данных, и визуализации результатов поиска, а также формирование и визуализация вывода. Система управления базой данных (серверная часть веб-приложения), получая запрос от клиента, выполняет поиск аналога и пересылает найденные данные обратно в клиентскую часть веб-приложения, алгоритмы которого обрабатывают полученные данные и выводят их на экран пользователя при помощи графической библиотеки. Ключевым моментом в реализации данного проекта является использование технологии Ajax, что позволит не перегружать страницы веб-приложения, а лишь догружать с сервера результаты поиска, что существенно ускорит работоспособность системы в целом и повысит ее производительность.

К тому же планируется разработать и запрограммировать алгоритм определения ориентировочной степени выгорания идентифицированной горючей жидкости путем сравнения с эталонными образцами разной степени выгорания. Данное новшество поможет пожарно-техническим экспертам в формулировке окончательного вывода по длительности горения образца, изъятого с места происшествия. Для выполнения поставленной задачи необходимо перепрограммировать алгоритм анализа спектра флуоресценции, увеличить демонстрационные графические возможности программы вывода информации путем наложения нескольких спектров флуоресценции различной степени выгорания на один рисунок. С этой целью необходимо будет перепрограммировать и графическую библиотеку системы управления базы данных. Также планируется увеличить возможности событийного ряда уже реализованной объектно-ориентированной системы, например, по одному клику по первой ячейке любой строки в таблице «Результаты поиска» выводить в графическое поле «Результаты сравнения спектров флуоресценции» спектры флуоресценции эталонной горючей жидкости, разной степени выгорания и спектр флуоресценции исследуемого образца. Цель внедрения вышеуказанных нововведений ускорить время проведения экспертиз по делам о поджогах с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, улучшить качество графической визуализации выводов эксперта и расширить границы интерпретации имеющегося эксперимента.

Важной задачей является расширение базы данных спектров флуоресценции изучаемых горючих жидкостей, для этого планируется пополнение базы спектрами смесей различных инициаторов горения, часто используемых при поджогах. Необходимая

аналитическая работа ведется в Исследовательском центре экспертизы пожаров с 2010 г. Эксперты Испытательных пожарных лабораторий, расположенных в различных регионах Российской Федерации, предоставляют на изучение и анализ отчеты по созданию региональных баз спектральных данных. Такая работа позволяет не только расширить базу данных спектров флюоресценции новыми инициаторами горения, но и их смесями, так как поджигатели используют самые разнообразные смеси ЛВЖ, ГЖ. Такими данными пополняется и учебно-методическое сопровождение работы сотрудников СЭУ ФПС МЧС России.

Ежегодно Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России планирует для СЭУ ФПС МЧС России исследовательскую работу по формированию и пополнению базы спектральных данных по потенциальным средствам поджога, имеющимся в торговых сетях различных регионов Российской Федерации. По итогам такой работы ежегодно производится пополнение всероссийской базы спектральных данных по средствам поджога. В Исследовательском центре экспертизы пожаров ежегодно проводится обучение экспертов по специализации «Обнаружение и классификация инициаторов горения при исследовании объектов судебной пожарно-технической экспертизы», в программу обучения входит, в том числе, и обучение по методике работы с базой спектральных данных, тем самым расширяется внедрение базы данных в работу СЭУ ФПС МЧС России.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году / П.В. Полехин [и др.]: стат. сб. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 112 с.
2. Чешко И.Д., Воронцова А.А., Принцева М.Ю. Компьютерная база спектров флуоресценции нефтепродуктов и ее использование в судебной пожарно-технической экспертизе // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1. С. 59–67.
3. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Электронная база хроматографических и спектральных данных по горючим жидкостям (средствам поджога) // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2015. № 2. С.12 – 19.
4. Интерактивное пошаговое руководство по разработке приложений ASP.NET корпорации Microsoft. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/tutorials> (дата обращения: 12.02.2023).
5. Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. М.: Вильямс, 2019. 288 с.
6. Поль Дюбуа. MySQL: Сборник рецептов. СПб.: Символ-Плюс. 2004. 1058 с.
7. Адам Фримен. ASP. NET Core MVC 2 с примерами на С# для профессионалов. СПб.: Диалектика. 2019. 1010 с.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 12.12.2022; принята к публикации: 20.12.2022

Информация об авторах:

Воронцова Анна Анатольевна, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат физико-математических наук, e-mail: annavorontsova@msn.com

Принцева Мария Юрьевна, заместитель начальника отдела инструментальных методов и технических средств экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент

Лобова Софья Федоровна, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ficentre@igps.ru

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Научная статья

УДК 614.84

ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА ЗДАНИЯ НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНЧЕСКОГО ОБЩЕЖИТИЯ

Шахматов Валерий Александрович.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

shahmatov.va@edu.spbstu.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке пожарного риска с использованием метода имитационного моделирования. С помощью программного инструмента «Fenix +3» была построена модель объекта, смоделирована чрезвычайная ситуация и получены расчетные значения показателей, определяющих время эвакуации, температуру, видимость и другие опасные факторы пожара, а также значение индивидуального пожарного риска. Значение риска, полученного при моделировании, было сопоставлено с нормативным значением и были сделаны выводы о безопасности исследуемого объекта. Был выявлен положительный эффект моделирования при оценке пожарного риска.

Ключевые слова: пожарный риск, «Fenix +3», моделирование, факторы пожара, оценка риска

Для цитирования: Шахматов В.А. Оценка пожарного риска здания на примере студенческого общежития // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 14–19.

Введение

Оценка пожарного риска зданий и сооружений различного функционального назначения – это актуальная задача в области обеспечения безопасности от пожаров. Каждое здание или сооружение имеет свой ресурс, в ходе исчерпания которого снижается его безопасность. Оценивая пожарный риск, можно сделать вывод о том, является ли здание пожаробезопасным для людей, и достаточны ли мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, проводимые в этом здании. При постройке новых зданий и сооружений, а также после капитального ремонта оценка пожарного риска является обязательным мероприятием для допуска этих зданий к эксплуатации.

С развитием новых технологий процесс оценки пожарного риска все чаще проводится с использованием программных комплексов, позволяющих строить модель оцениваемого объекта и моделировать различные сценарии развития пожара, с учетом технических средств пожарной безопасности, используемых на данном объекте.

Китайскими инженерами была предложена система оценки пожарного риска, основанная на системе скоринга, используемой в банковской и страховой отраслях. Суть данной системы заключается в определении факторов, влияющих на возможность возникновения пожара, и присвоении этим факторам значения в баллах в зависимости от их влияния. После оценки каждого из факторов полученные баллы суммируются, и исходя из результата оценивается пожарный риск [1].

Также в Китае был разработан способ оценки пожарного риска для крупномасштабных коммерческих зданий, в основе которого лежит метод энтропийного веса конструкций. Основа данного способа оценки лежит в определении индексов оценки рисков возникновения пожара, и с помощью метода веса энтропии конструкций определяется задание веса каждому индексу. Способ был протестирован на крупномасштабных зданиях и показал хорошие результаты [2].

Итальянскими учеными был разработан метод оценки пожарного риска с названием «FLAME», основанный на использовании «дерева концепций пожарной безопасности». Данный метод позволяет разделить оценку риска для жильцов и риска для здания [3].

На основе метода оценки пожарного риска «FRAME» [4] была создана система индексов и математическая модель, которые, в свою очередь, были использованы в технологии информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling). Данная разработка предоставляет возможность еще на этапе проектирования объекта оценивать пожарный риск [5].

Компанией «Современные программные технологии» был разработан программный продукт «Fenix +3», позволяющий создавать имитационную модель здания в собственном графическом редакторе и проводить с ней экспериментальные действия. Данная программа производит расчеты пожарных рисков на основании формул и нормативных значений, представленных в методике, утвержденной приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 [6]. В «Fenix +3» развитие динамики пожара производится при помощи интегрированного в программу подхода FDS (Fire Dynamic Simulator), обеспечивающего реалистичное и точное описание любого распространения пожара [7]. Моделирование эвакуации людей происходит по индивидуально-поточной модели, в которой исключается возможность столкновения моделей людей друг с другом.

Цель данной работы – провести оценку пожарного риска и рассчитать значение индивидуального пожарного риска здания общежития, с помощью программного комплекса «Fenix +3», а также в случае необходимости предложить мероприятия по снижению данного показателя.

Новизна данной работы заключается в том, что пожарный риск данного объекта оценивался без использования имитационного моделирования.

Методы

В России оценка пожарного риска основывается на шести пунктах, в соответствии с которыми составляется порядок проведения расчета, и вычисляются непосредственные значения рисков. Для начала необходимо произвести анализ пожароопасности здания. Для этого рассматриваются характеристики горючих веществ, присутствующих в здании, а именно их вид, количество и место расположения. Затем изучается информация о возможной численности и месторасположении людей, находящихся в здании или сооружении; учитывается объемно-планировочное решение, а именно поэтажные планы здания или сооружения; информация о системе пожаротушения и пожарной сигнализации (в том числе автоматической установки пожаротушения – АУП); информация о системе противодымной защиты; характеристика системы оповещения людей о пожарной ситуации и управления их эвакуацией (СОУЭ). На основании этих данных производится непосредственный анализ пожароопасности здания или сооружения с учетом возможной динамики развития пожара и возможных последствий для людей и для самого здания.

После анализа пожароопасности необходимо определить частоту реализации пожароопасных ситуаций (то есть частоту возникновения пожара в здании за год, которая, в свою очередь, определяется статистическими данными).

Следующим этапом необходимо построить поля опасных факторов пожара (ОПФ). Для этого в «Fenix +3» строится модель здания, формулируется сценарий или сценарии развития пожара, которые могут привести к наихудшим последствиям для людей. Для этого выбирается место нахождения очага пожара, задается расчетная область и параметры окружающей среды. После создания математической модели, моделирования динамики развития пожара и эвакуации, построения полей ОПФ и расчета вероятности эвакуации людей производится непосредственный расчет индивидуального пожарного риска с учетом коэффициентов, определяющихся наличием систем обеспечения пожаробезопасности здания.

После расчета значения делаются выводы о безопасности объекта, и в случае необходимости предлагаются мероприятия по его снижению.

Результаты исследования и их анализ

Здание общежития построено в 1932 г. и имеет пять этажей. Конструктивные элементы здания, а именно несущие стены, внутренние перегородки, междуэтажные перекрытия, лестничные площадки и марши выполнены из негорючих материалов. Двухскатная крыша сделана из металлопрофиля. Класс конструктивной пожарной опасности рассматриваемого объекта – С1. Степень огнестойкости здания – вторая.

Класс функциональной пожарной опасности (ФПО), определяемый особенностями эксплуатации здания и его назначением – Ф 1.2. Объект защиты является зданием, предназначенным для проживания людей, следовательно, время функционирования объекта – 24 ч, а вероятность присутствия людей равна единице. Максимально возможное количество людей, которое может одновременно находиться в здании, более 350 чел. В табл. 1 представлена краткая характеристика объекта.

Таблица 1

Краткая характеристика объекта

| Свойство объекта защиты | Значение |
|--|-----------------------------------|
| Класс ФПО | Ф 1.2 |
| Площадь | 5 665 м ² |
| Высота этажей | 2,7 м |
| Отопление | центральное |
| Охранно-пожарная сигнализация | ведется круглосуточный мониторинг |
| Дымовой пожарный извещатель | 184 шт. |
| СОУЭ | 3 тип |
| Система противодымной защиты | отсутствует |
| Режим работы | 24 ч |
| Максимально возможное количество людей, находящихся в здании | 350 чел. |
| АУП | отсутствует |

Пожарная нагрузка в помещениях жилых зданий, согласно данным Академии ГПС МЧС России, составляет от 20 до 50 кг/м² [8]. В комнатах общежития пожарная нагрузка в среднем составляет 24 кг/м².

Для оценки пожарного риска рассматриваемого объекта в программе «Fenix +3» была построена его модель. С помощью функции «подложка» в среду построения были импортированы технические планы этажей, после чего, используя инструменты для непосредственного построения, была создана имитационная модель здания общежития, на которой в последующем проводилось моделирование пожарной ситуации по различным сценариям. 3D-модель объекта представлена на рисунке.



Рис. 3D-модель общежития

Для расчета значения индивидуального пожарного риска необходимо знать частоту возникновения пожара в течение года, которая в данном случае равна $4 \cdot 10^{-2}$, так как статистические данные отсутствуют, а согласно приказу № 382 в случае отсутствия статистических данных при расчете можно использовать вышеуказанное значение [8].

Для расчета пожарного риска необходимо рассматривать такие сценарии развития пожара, при которых условия безопасности людей будут наихудшими. Такие условия характеризуются наиболее затрудненными путями эвакуации и наиболее высоким темпом распространения ОПФ. Таким образом, было рассмотрено три сценария пожарной ситуации, описание которых представлено в табл. 2.

Таблица 2

Описание сценариев развития пожара

| № сценария | Расположение очага пожара | Параметры очага пожара. Материал |
|------------|--|----------------------------------|
| 1 | 1 этаж. Вблизи эвакуационного выхода. В бельевой комнате | мебель + ткани |
| 2 | 2 этаж. Напротив выхода на лестничную площадку. В кухонном помещении | мебель + кабель |
| 3 | 3 этаж. Жилая комната | мебель + бумага |

Следующим этапом в работе, после определения сценариев пожарной ситуации и создания очага пожара, было моделирование пожарной ситуации по сформулированной на основании методики математической модели. В результате моделирования были построены поля опасных факторов пожара, а также получены значения времени достижения опасными факторами пожара критических значений, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Время достижения критических значений ОПФ

| ОПФ | Время, с | | |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | сценарий 1 | сценарий 2 | сценарий 3 |
| Видимость | 292 | 298 | 302 |
| t^0 | 308 | 403 | 335 |
| НС1 | не блокируется | не блокируется | не блокируется |
| СО | 502 | 561 | 557 |
| СО ₂ | не блокируется | не блокируется | не блокируется |
| Концентрация О ₂ | 351 | 304 | 397 |

Этап определения времени эвакуации и вероятности эвакуации является заключительным, перед тем как приступить к непосредственному расчету значения индивидуального пожарного риска. На данном этапе в построенной модели объекта было размещено максимально возможное количество людей, способных одновременно находиться в здании, после чего программой «Fenix +3» была смоделирована эвакуация для каждого из рассматриваемых в работе сценариев, и получены значения вероятности эвакуации, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4

Вероятность эвакуации людей

| № сценария | Время начала эвакуации, с | Общее время эвакуации, с | Вероятность эвакуации |
|------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 120 | 226 | 0,999 |
| 2 | 120 | 236 | 0,999 |
| 3 | 120 | 223 | 0,999 |

Заключительным этапом в оценке пожарного риска является расчет значения индивидуального пожарного риска, который также рассчитан в программе «Fenix +3». Результаты расчета представлены в табл. 5.

Таблица 5

Расчет индивидуального пожарного риска

| № сценария | Частота возникновения пожара, год ⁻¹ | Коэффициент соответствия АУП | Вероятность присутствия людей | Вероятность эвакуации людей | Коэффициент соответствия ПЗ | Индивидуальный риск |
|------------|---|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |
| 2 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |
| 3 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |

Согласно данным значениям, наибольшее время, которое потребуется людям на эвакуацию (расчетное время эвакуации) из общежития, представляется в сценарии № 2 и равно 236 с. Но это время не превышает значения времени, за которое ОФП достигают своих критических значений.

В реальности же, значение времени эвакуации может быть как больше, так и меньше расчетного, в зависимости от того, насколько работоспособной является система оповещения людей о пожаре. Кроме того, на значение этого времени может повлиять человеческий фактор, выраженный в проявлении паники, вызванной пожаром [9].

Согласно первому пункту 79 статьи ФЗ № 123, значение индивидуального пожарного риска не должно превышать одной миллионной в год, при условии, что хотя бы один человек в здании, для которого проводится оценка пожарного риска, расположен в точке, наиболее удаленной от эвакуационного выхода [10]. Учитывая это, значение риска, которое было получено в ходе моделирования и расчетов, не превышает нормативного, следовательно, на объекте выполняются все требуемые технические мероприятия, направленные на защиту людей при пожаре.

Заключение

Существуют мероприятия по обеспечению пожаробезопасности объекта защиты, реализация которых может привести к снижению величины индивидуального пожарного риска. Выполнение этих мероприятий необходимо в том случае, если численное значение величины индивидуального пожарного риска превышает допустимое. В данной работе значение риска не превышает допустимого, но может возникнуть потребность в реконструкции здания или изменения его объемно планировочного решения, и в этом случае необходимо будет снова оценивать пожарный риск. Это так же можно будет сделать при помощи программного комплекса «Fenix +3», придется лишь отредактировать модель здания. В этом и заключается плюс имитационного моделирования, кроме того, в программном комплексе можно исключить ошибки при расчете необходимых значений, которые может допустить человек при самостоятельном расчете. Плюс так же в том, что моделировать сценарии пожара можно быстро и множество раз, а ручной расчет займет гораздо больше времени.

Список источников

1. Fire risk assessment with scoring system, using the support vector machine approach Chun Kit Lau [et al.] // Fire Safety Journal. 2015. Vol. 78. P. 188–195.
2. Fire risk assessment for large-scale commercial buildings based on structure entropy weight method / Fang Liu [et al.] // Safety Science. 2017. Vol. 94. P. 26–40.
3. Danzi E., Fiorentini. FLAME: A Parametric Fire Risk Assessment Method Supporting Performance Based Approaches // Fire Technology. 2021. № 57. P. 721–765.

4. Shigang Guo. Fire Risk Assessment for Commercial Buildings Based on FRAME Method // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 223. P. 277–280.
5. Luqi Wang, Wenxian Li. Fire risk assessment for building operation and maintenance based on BIM technology // Building and Environment. 2021. Vol. 205. P. 34–42.
6. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 // Рос. газ. 2009. 28 авг. № 161.
7. Tzani M., Besharat J. Virtual Reality Fire Environment based on Fire Dynamic Simulator: 34th International Conference on Information Technologies. 2020. P. 17–25.
8. Терехнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы пожаротушения. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2012.
9. Психологические особенности поведения человека при пожаре // Все для пожарной безопасности. URL: <https://www.2pb.ru/fire-safety/methodical-recommendations/training-in-the-fire-safety/110psikhologicheskie-osobennosti-povedeniya-cheloveka-pri-pozhare> (дата обращения: 13.12.2022).
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации от 28 июля 2008 г. № 30. Ст. 3579.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 12.12.2022; принята к публикации: 20.12.2022

Информация об авторах:

Шахматов Валерий Александрович, студент магистратуры Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29), e-mail: shahmatov.va@edu.spbstu.ru

Научная статья

УДК 614.8

ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПРЕДПРИЯТИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ООО «МУКОМОЛ ПОВОЛЖЬЯ»

Свиридов Евгений Васильевич.

Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

sviridov.ev@edu.spbstu.ru

Аннотация. Проведен анализ величины пожарного риска на предприятии пищевой промышленности. Анализ противопожарных технических мероприятий, проводимых на объекте защиты, проведен путем расчетов с использованием программы моделирования «Fenix +3». По итогам были составлены графики опасных факторов пожара; определены динамика их распространения, значения времени блокирования эвакуационных выходов, времени эвакуации. Был сделан вывод о соответствии требованиям пожарной безопасности на основании проведенного анализа этих данных и расчетов.

Ключевые слова: индивидуальный пожарный риск, требования пожарной безопасности, опасный производственный объект, моделирование, эвакуация

Для цитирования: Свиридов Е.В. Оценка пожарного риска на предприятии пищевой промышленности ООО «Мукомол Поволжья» // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 20–26.

Введение

Мучная пыль на зерноперерабатывающем предприятии с дальнейшим хранением и сбытом готовой продукции – обычное явление. Эффективность производства определяется непосредственно размером мельницы, и, естественно, более крупные мельницы значительно экономичнее, в то же время сами технологические процессы предъявляют более высокие требования в обеспечении пожарной безопасности [1]. В процессе производства часть муки оседает на стенах цеха, станках, находится в воздухе, пока не осядет на рабочей форме обслуживающего персонала. С увеличением масштаба производства вероятность самовозгорания пыли возрастает. И при превышении определённого уровня ее в составе воздуха существует вероятность самовоспламенения с дальнейшим подрывом пылевоздушной смеси [2]. Этот фактор может спровоцировать на фабрике серию взрывов и огненных шаров. Взрывоопасной пылью в пищевой промышленности могут стать такие материалы, как мука, порошок заварного крема, растворимый кофе, сахар, сухое молоко, картофельный и суповой порошки. Взрывы пыли могут привести к катастрофическим человеческим жертвам, травмам и разрушению промышленных объектов [3].

Каждая производственная линия, где обрабатывается пищевой продукт, генерирует пыль, которую необходимо улавливать и собирать. Важно следить за концентрацией пыли в воздухе и обеспечивать соблюдение нормативных требований по воздействию ее на окружающую среду, что может гарантироваться внедрением перспективных инноваций и стратегий совершенствования [4, 5].

При оснащении комбикормовых заводов высокопроизводительными установками с большой степенью автоматизации необходимо гарантировать оснащение их специальными пылевыми фильтрами [6]. Такое качественное оборудование обеспечит чистоту воздуха, очистив его от содержащихся в нем твердых частиц, а затем извлеченные твердые материалы повторно вводятся в технологический процесс. Показатель наличия пыли на заводе является одним из определяющих факторов для проверки во время аудита [7].

Пожарная безопасность предусматривает такое состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара

и воздействие на людей его опасных факторов, а также предусматривает защиту материальных ценностей. Для правильной организации противопожарных мероприятий и организации тушения пожаров необходимо понимать сущность физических и химических процессов, которые происходят при горении.

Производство зерна – основная отрасль сельскохозяйственного производства большинства стран мира. Предприятия хлебопродуктов являются объектами повышенной опасности. На всех этапах производственных процессов возможно образование взрывопожароопасных пылевоздушных смесей. Ежегодно в мире на зерноперерабатывающих объектах происходит 400–500 взрывов. За последние 20 лет в Российской Федерации произошло 195 взрывов [8–10].

Цель работы – определить оптимальную величину индивидуального пожарного риска на примере офисного здания на территории мукомольного предприятия.

Объектом исследования являлось предприятие пищевой промышленности, предметом исследования – индивидуальный пожарный риск.

Работа проведена на основании открытой информации о предприятии пищевой промышленности: планы здания, информация о строительных конструкциях и материалах. Расчет индивидуального пожарного риска проводился на основе официальных методических рекомендаций.

Задачи, которые решались в ходе работы:

- изучение данных о пожарах на территории подобных производств;
- анализ методов по снижению пожарной опасности и рассмотрение возможности их реализации;
- расчет индивидуального пожарного риска на защищаемом объекте и анализ полученных результатов.

Объект исследования данной работы – офисное помещение на территории предприятия пищевой промышленности.

Методы исследования

Объект находится на территории Саратовской обл. в г. Пугачеве. Предприятие производит муку нескольких сортов, а также готовые смеси комбикорма для скота и домашних животных на современном производственном оборудовании. Под производство выделен один цех, разделённый на три равные части. Территория – 3,3 га. Основную площадь предприятия занимает производственная территория, стоянка для грузовых автомобилей и склады готовой продукции (рис. 1).

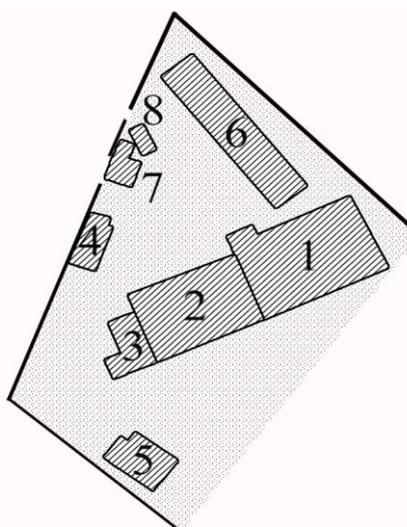


Рис. 1. Территория предприятия:

- 1 – мукомольный цех; 2 – склад готовой продукции; 3 – закрытый торговый центр;
- 4 – дополнительный склад готовой продукции; 5 – склад металлоконструкций;
- 6 – ангар для хранения зерна; 7 – здание дирекции; 8 – весы для поступающего сырья

Основные строительные материалы – железобетон в производственных помещениях, металлоконструкции на складских помещениях, кирпичная кладка в офисном здании и здании бывшего магазина. Имеется подробный план офиса, расчёт пожарных рисков будет проводиться на его примере. Офис состоит из пяти помещений: три помещения для непосредственной работы сотрудников и хранения документации общей площадью 133 м², кухня, туалет, душ – вместе 20 м² и коридор 48 м². Полная информация об объекте предоставлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объекта

| Данные о здании | Значение / характеристики |
|--|---------------------------|
| Категория здания | Ф4 |
| Количество этажей | 1 |
| Площадь | 213 м ² |
| Количество входов | 1 |
| Отопление | центральное, водяное |
| Электрическое освещение | 220 V |
| Вентиляция | естественная |
| Окна | 3 |
| Охранно-пожарная сигнализация | в наличии |
| Дымовой извещатель | 5 шт. |
| Звуковой оповещатель | 2 шт. |
| Максимальное возможное количество людей, находившихся в здании | 6 |

Более подробный план здания представлен на рис. 2.

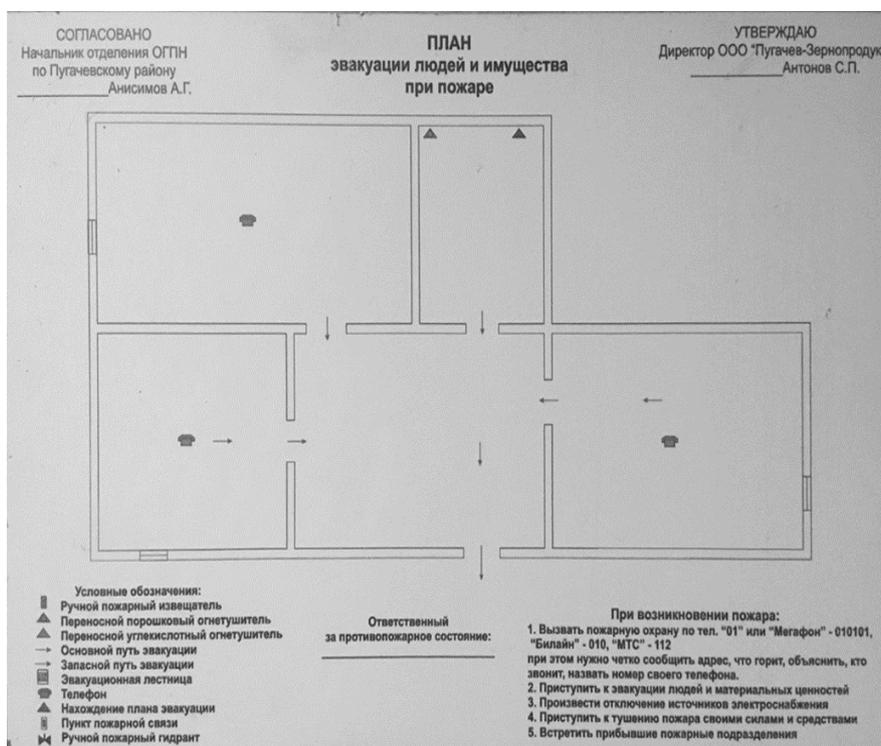


Рис. 2. План эвакуации людей и имущества при пожаре

Первым шагом стало моделирование объекта защиты с использованием программы «Fenix +». Согласно плану обозначены все помещения, окна, мебель. В рассматриваемых сценариях пожар будет начинаться именно с офисной мебели, в частности – двух рабочих столов и шкафа с бухгалтерией. 3D-модель объекта и вид сверху представлены на рис. 3.

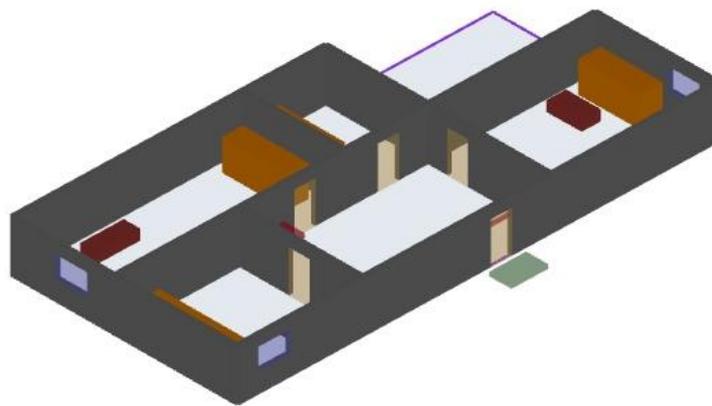


Рис. 3. 3D-модель объекта

Формула для подсчёта индивидуального пожарного риска:

$$Q_v = Q_{\text{п}} \times (1 - R_{\text{ап}}) \times P_{\text{пр}} \times (1 - P_{\text{э}}) \times (1 - P_{\text{пз}}),$$

где $Q_{\text{п}}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года; $R_{\text{ап}}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (АУПТ), определяется технической надёжностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. АУПТ в здании не предусмотрены. Пожарная нагрузка в офисных зданиях принимается за 50 кг/м^2 ; $P_{\text{пр}}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения:

$$P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}} / 24,$$

где $t_{\text{функц}}$ – время нахождения людей в здании в часах. Принято $P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}} / 24 = 12 / 24 = 0,5$.
 $P_{\text{э}}$ – вероятность эвакуации людей:

$$P_{\text{э},i} = \begin{cases} 0,999 * \frac{0,8 * t_{\text{бл}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_{\text{р}} < 0,8 * t_{\text{бл}} < t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 * t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{р}} \geq 0,8 * t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases},$$

где $t_{\text{р}}$ – расчетное время эвакуации людей, мин; $t_{\text{нэ}}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин; $t_{\text{бл}}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин; $t_{\text{ск}}$ – время существования скоплений людей на участках пути.

$P_{\text{пз}}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{пз}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{соуэ}}) (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{пдз}}),$$

где $R_{\text{обн}}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{\text{соуэ}}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{\text{пдз}}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы

противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

В программе также создается индивидуально-поточная модель поведения эвакуирующихся, которая создает имитацию передвижения отдельно взятого человека. Такая модель используется для расчета различных сценариев эвакуации, учитывая персональные роли людей в потоке, и выбора наилучшей схемы их движения с точки зрения мер безопасности. Для каждого из параметров опасных факторов пожара рассчитывается критическое время – время, за которое этот фактор достигнет максимально допустимого значения. Предельно допустимые значения в табл. 2.

Таблица 2

Предельно допустимые значения опасных факторов пожара

| Опасные факторы пожара | Предельно допустимые значения |
|--|---|
| Тепловой поток | 1400 Вт/м ² |
| Пламя и искры | – |
| Повышенная температура окружающей среды | 70 °С |
| Высокая концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения | CO ₂ – 0,11 кг/м ³ CO – 1,16*10 ⁻³ кг/м ³ HCL – 23*10 ⁻⁶ кг/м ³ |
| Снижение видимости в дыму | 20 м |
| Пониженная концентрация кислорода | 0,226 кг/м ³ |

График изменения опасных факторов с течением времени показан на рис. 4.

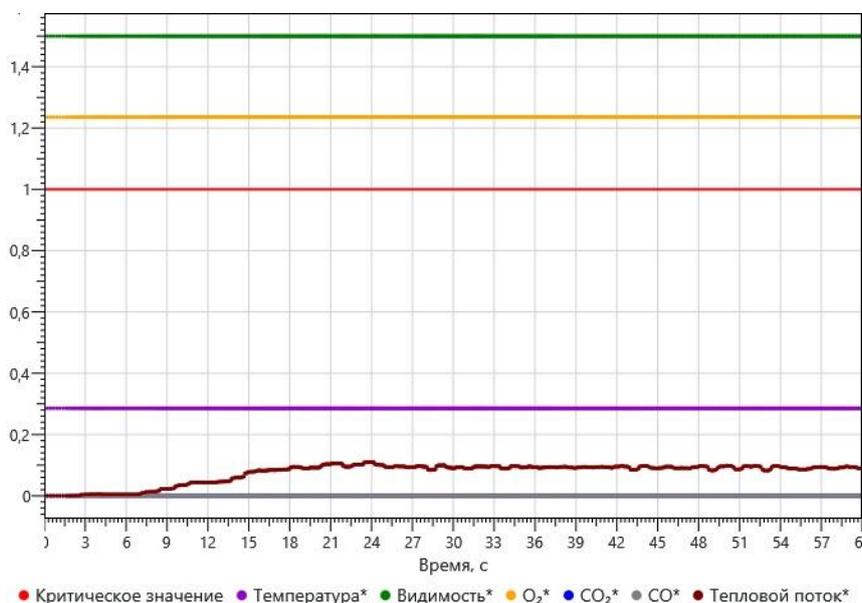


Рис. 4. Расположение очага пожара в третьем сценарии

Анализируя данный график, можно сделать вывод, что время блокирования значительно превышает время моделирования. Люди эвакуируются из здания значительно раньше, поэтому требуется дополнительное время моделирования.

Результаты исследования и их анализ

Численное моделирование сценариев пожаров широко используется в противопожарной науке. Экспериментальные данные получены путем моделирования

с помощью имитационного программного обеспечения «Fenix +3» (сетки, реакции, материалы, поверхности, создание структур и вентиляционных отверстий, создание аппаратуры обнаружения, управление выходом, моделирование параметров).

На основе данных из программы моделирования пожаров и эвакуации персонала «Fenix +3» можно сделать ряд выводов об индивидуальном пожарном риске в офисном здании на территории опасного производственного объекта (ОПО) ООО «Мукомол Поволжья»:

- значения времени блокировки превышает время эвакуации персонала;
- индивидуальный пожарный риск не превышает, согласно требованиям, одну миллионную в год;
- дополнительные меры по обеспечению пожарной безопасности в офисном здании на территории предприятия не требуются;
- офис находится в отдалении от мукомольного цеха – противопожарные расстояния соблюдаются. Установка взрывоустойчивого окна в кабинете 48 м² не требуется.

$$t_{\text{бл}} = 0,76 \text{ мин};$$

$$t_{\text{р}} = 0,16 \text{ мин};$$

$$t_{\text{нэ}} = 0,1 \text{ мин};$$

$$t_{\text{ск}} = 0,37 \text{ мин};$$

$$P_3 = 0,994;$$

$$5,2 \cdot 10^{-7} > 10^{-6}.$$

Показатель индивидуального пожарного риска в пределах нормы.

Заключение

В ходе данной работы было рассмотрено офисное здание на территории ОПО ООО «Мукомол Поволжья». С помощью программной среды «Fenix+ 3» были определены:

- время эвакуации и блокировки эвакуационных выходов;
- значение индивидуального пожарного риска;
- вероятность эвакуации людей.

Были выполнены определенные задачи:

- изучение статистики о пожарах на территории ОПО;
- анализ методов по снижению пожарной опасности и рассмотрение возможности их реализации;
- расчет индивидуального пожарного риска на защищаемом объекте и анализ полученных результатов.

Расчёты показывают, что индивидуальный пожарный риск на объекте защиты не превышает установленного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» значения.

Можно сделать вывод, что на данном объекте защиты:

- обеспечивается необходимая степень пожарной безопасности;
- выполнены все необходимые мероприятия, направленные на снижение величины пожарного риска

Список источников

1. Ломовский О.И., Болдырев В.В. Механохимия в решении экологических задач // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2006. № 79. С. 1–221.
2. Тактика осмотра места происшествия по делам, связанным с применением взрывных устройств / М.Е. Галактионов [и др.]. Томск, 2017.
3. Макашев В.А., Петров С.В. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учеб. пособие. М.: ЭНАС. 2008. С. 55.
4. Попов К.И., Филиппов А.Н., Хуршудян С.А. Пищевые нанотехнологии // Российский химический журнал. 2009. Т. 53. № 2. С. 86–97.

5. Алешков А.В. Пищевая промышленность – индустрия инноваций: монография. Хабаровск: РИЦ ХГУЭП, 2016.
6. Козлюк А.Г., Волгин М.А. К вопросу о применении функциональных частей противогаза в системах воздушных фильтров вентиляции производства // Наука и инновации в строительстве. 2020. С. 145–154.
7. Акимов В.А., Соколов Ю.И. Наиболее крупные чрезвычайные ситуации в России и в мире в 2003 году // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2013. Т. 3. № 2. С. 363–461.
8. Трегубов А.А. Библиотекарь Императорского Казанского университета. К 200-летию со дня рождения А.И. Артемьева // Библиотечный вестник. 2020. № 1. С. 55–59.
9. Шишов В.Ф., Асанина Д.А. Статистический анализ и прогнозирование количества городских пожаров в регионе // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2015. Т. 1. № 1. С. 264.
10. Бурцев В.А. Анализ основных нарушений пожарной безопасности в местах общественного питания // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности. 2019. С. 137–139.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 20.12.2022; принята к публикации: 10.01.2023

Информация об авторах:

Свиридов Евгений Васильевич, магистр Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), e-mail: sviridov.ev@edu.spbstu.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Научная статья

УДК 614.844

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ

✉ **Виноградов Владимир Николаевич.**

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

Луговой Александр Александрович.

Санкт-Петербургский юридический институт (филиал) Университета прокуратуры Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия.

Трунова Алина Витальевна.

Специальное управление федеральной противопожарной службы № 50 МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ vla4934@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена методика анализа пожарной опасности производств. Описаны этапы анализа пожарной опасности объектов защиты, предложены способы защиты потенциально опасных технологических процессов. Приведен пример анализа пожарной опасности наиболее опасных химических производств на примере заводов изопренового каучука в городах Стерлитамак и Тольятти.

Ключевые слова: технологический процесс, категория, производство, пожарная опасность, пожар, источник зажигания

Для цитирования: Виноградов В.Н., Луговой А.А., Трунова А.В. Методика анализа пожарной опасности производств // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 27–32.

Любое производство неразрывно связано с процессом получения того или иного продукта. Этот процесс осуществляется людьми, которые используют для получения конечного продукта технологическое оборудование. В результате на объекте имеет место значительное количество исходного сырья и готовой продукции. В комплексе наличие людей, оборудования для технологического процесса, большого количества исходного сырья и готовой продукции с определенными пожароопасными физико-химическими свойствами характеризуют пожарную опасность производства.

Усугубляют пожарную опасность объектов наличие значительной протяженности производственных коммуникаций, сложности технологических аппаратов и конструкций, электрооборудования и электрических сетей, конструктивные особенности зданий и сооружений.

Большое влияние на состояние пожарной безопасности объекта имеет человеческий фактор. Работа с людьми, повышение их противопожарных знаний, соблюдение ими противопожарного режима является важной мерой защиты объекта от пожаров.

Перечисленные факторы предполагаемой обстановки на промышленном предприятии позволяют сделать вывод о возможной степени их пожарной опасности.

В настоящее время отмечается значительный рост пожаров на производствах с технологическими процессами, опасными в пожарном отношении. Статистические данные показывают, что на таких объектах возникает более 10 % пожаров, а убытки от них составляют более 35 % от всего количества пожаров по стране.

Следовательно, анализ и оценка пожарной опасности на таких объектах имеет важнейшее значение для обеспечения их пожарной безопасности.

Оценка пожарной опасности объекта должна основываться на изучении технологии процесса производства, конструктивных особенностях зданий и сооружений, физико-химических свойств веществ и материалов, режима и параметров работы оборудования и противопожарного режима на объекте.

Для изучения пожарной опасности производства необходимо:

- ознакомиться с нормативными требованиями к зданиям и сооружениям. С этой целью изучить требования в соответствующих СНиП, НПБ, ГОСТ, СП и др.;
- определить категорию по взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий, а также классификацию зон по «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), которые определяются по методике, представленной в СП 12.13130.2009;
- провести расчет пожарных рисков, которые определяются по «Методике определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах» (Приложение к приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404) и приказ МЧС России от 12 декабря 2011 г. № 749;
- провести анализ пожаров. Анализ проводится с целью выявления основных причин и мест возникновения пожара, условий способствующих распространению пожара, характерных для данного производства, особенностей развития и тушения пожара, для выявления недостатков систем противопожарной защиты и предотвращения пожара. Для выполнения данной задачи обобщаются и анализируются данные о пожарах и загораниях, происшедших за 5–10 лет на изучаемом объекте и аналогичных производствах;
- изучить показатели технологического процесса, которые характеризуют его пожарную опасность. Технологический процесс производства изучается в объеме необходимом для определения его пожарной опасности. При этом необходимо рассмотреть: технологический регламент, технологическую схему производства, выяснить показатели технологического процесса, характеризующие его противопожарное состояние. К таким показателям следует отнести: производительность установок, линий, аппаратов; степень превращения сырья; селективность; скорость химических процессов; материальный и тепловой баланс установок, аппаратов. Необоснованное завышение (занижение) данных параметров приводит к созданию аварийной, пожароопасной обстановки на объекте;
- выяснить количество, вид и пожароопасные свойства применяемых веществ и материалов. В процессе изучения указанного вопроса необходимо иметь следующие данные и материалы: проектную документацию производства, технологические схемы и регламенты технологических процессов, данные о физико-химических и взрывопожароопасных свойствах исходного сырья, промежуточных и полученных продуктов;
- выявить пожароопасные участки, пожарная безопасность которых не обеспечивается мерами пожарной профилактики. Это выявляется путем сравнения реального размещения производственных участков с нормативными требованиями по пожарной безопасности;
- определить возможность образования горючей среды внутри производственного оборудования и в помещениях. Внутри технологических аппаратов могут быть взрывопожароопасные пары, газы или пыль. Поскольку взрывопожароопасные концентрации могут создаваться при определенных условиях, то необходимо знать параметры технологического процесса, протекающего в аппарате, и свойства обрабатываемых веществ с целью предупреждения взрыва или пожара;
- изучить причины аварийного выброса наружу горючих паров, газов или жидкостей из технологических аппаратов. Частыми причинами повреждения производственного оборудования является температурное воздействие на материал аппаратов в результате механического или химического износа материала оборудования;
- изучить возможность образования источников зажигания в горючей среде внутри производственных аппаратов и помещениях. Источники зажигания разделяются на группы – это может быть тепло, выделившееся при проявлении механической энергии и энергии излучения, тепло экзотермических химических процессов, а также тепловое проявление электрической энергии;
- провести оценку эффективности систем оповещения, предотвращения пожара и противопожарной защиты методом практического срабатывания;
- изучить организацию на объекте состояния противопожарного режима в соответствии с ППР в Российской Федерации. Проводить проверку наличия приказов по обеспечению пожарной безопасности, добровольной пожарной дружины и боевых пожарных расчетов, организации проведения огневых работ, проведения занятий с рабочими и служащими по мерам пожарной безопасности, организации учений по пожарной безопасности, гражданской обороне и др.;
- определение возможности распространения пожара.

Распространению пожара способствуют: большое количество горючего материала в производственных цехах и складах, отсутствие противопожарных преград, аварии производственного оборудования, несвоевременное или запоздалое оповещение о пожаре, отсутствие средств пожаротушения или неумение ими пользоваться, непрофессиональное тушение пожара.

Следует отметить, что отсутствие на объекте ДПД или боевого пожарного расчета значительно повышает возможность распространения пожара на большие площади [1–6].

Коротко рассмотрим вопросы безопасности потенциально опасных технологических процессов. Известно, что возникновение пожара возможно, если соблюдается критический треугольник: горючее вещество, окислитель, источник зажигания (рис.).

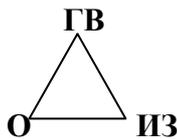


Рис.

В условиях реальной обстановки, чаще всего, окислитель (О – кислород воздуха) исключить невозможно. Следовательно, условием обеспечения пожарной безопасности является исключение из треугольника либо источника зажигания (ИЗ), либо горючего вещества (ГВ).

Известно, что горючее вещество при возникновении горения должно быть нагрето до температуры воспламенения или выше. Исходя из этих предпосылок на промышленных объектах в соответствии с нормативными документами, на основе анализа пожарной опасности строится система противопожарных мер.

Предотвращение пожара достигается предотвращением образования горючей среды, предотвращением образования в горючей среде источников зажигания, снижением температуры процесса до температуры ниже температуры воспламенения вещества, а для жидкостей ниже температуры вспышки паров.

Предотвращение образования горючей среды должно обеспечиваться:

- а) соответствующей концентрацией горючих газов, паров и взвесей в воздухе;
- б) концентрацией ингибитора или кислорода (или другого окислителя в горючем газе, паре, взвеси);
- в) способностью веществ, материалов, оборудования и конструкций гореть в условиях производства.

Техническими решениями, позволяющими обеспечить выполнение изложенных требований, в частности, могут быть:

- а) ликвидация паровоздушного объема в емкостях, резервуарах путем устройства защищенных хранилищ;
- б) применение веществ и способов, препятствующих испарению жидкости и обеспечивающих изоляцию жидкости от свободного пространства;
- в) применение технологий, исключающих создание условий к образованию взрывоопасных концентраций паров жидкостей;
- г) применение веществ или условий, снижающих давление паров жидкости;
- д) применение расчетных концентраций взрывопожароопасных газов или паров в аппаратах выше верхнего или ниже нижнего пределов воспламенения;
- е) установка на технологических линиях к аппарату автоматических регуляторов давления газов;
- ж) контроль концентрации смеси газов с окислителем путем установки автоматических газоанализаторов;
- з) применение вентиляционных систем для удаления газов, паров, пыли с технологического оборудования;
- и) применение инертных газов при пневматической транспортировке опасной в пожарном отношении пыли;
- к) использование аппаратов и трубопроводов, конструктивно обеспечивающих минимальное количество осевшей пыли на поверхности.

Особенно эффективными с точки зрения обеспечения взрывобезопасности внутри аппаратов является применение флегматизирующих добавок, которые снижают концентрацию кислорода в воздухе до безопасной в горючем газе, паре или пыли.

Наиболее эффективно предотвращение образования в горючей среде источников зажигания достигается путем выполнения требований НПБ, ППР в Российской Федерации, ПУЭ и СП. В этой связи пожарная безопасность объектов должна обеспечиваться применением негорючих или трудногорючих веществ и материалов, вместо пожароопасных. Применением строительных конструкций объектов с соответствующими пределами огнестойкости и горючести. Должна быть организована комплексная защита людей от пожара при помощи средств пожаротушения, пожарной сигнализации и средств извещения о пожаре; а также организована пожарная охрана объекта, оснащена автоматическими системами защиты и контроля.

Важной мерой пожарной защиты является ограничение количества горючих веществ, применяемых либо складированных в производственных помещениях, это достигается:

- нормированием количества горючих веществ и материалов в производственных помещениях и складах;
- применением аварийных сливов для пожароопасных жидкостей и аварийного выпуска горючих газов из аппаратуры;
- наличием противопожарных разрывов и зон защиты;
- наличием систем утилизации и вывоза отходов производства;
- расположением взрывопожароопасного оборудования в отдельных, изолированных помещениях или на открытых площадках, расположенных в нормированных разрывах от производственных и административных зданий;
- механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением пожароопасных веществ и материалов;
- применением устройств защиты от аварий и повреждений;
- периодичностью уборки помещений, коммуникаций, аппаратуры от производственных, сгораемых отходов;
- уменьшением количества рабочих мест, на которых по технологии применяются пожароопасные вещества.

Для анализа пожарной опасности производства необходимо изучить наличие мероприятий по предотвращению распространения пожара за пределы очага его возникновения. Это достигается разработкой следующих решений:

- применением устройств, исключающих растекание жидкостей при пожаре и обеспечивающих аварийное отключение аппаратов и коммуникаций;
- применением на технологическом оборудовании огнепреградителей, предохранительных мембран и клапанов.

Важным показателем пожарной опасности являются пределы огнестойкости конструкций объекта. Они должны сохранять несущие и ограждающие функции в течение всего времени эвакуации людей или пребывания их в местах коллективной защиты.

На каждом объекте большое значение имеет план эвакуации людей на случай пожара.

Объект должен иметь такое объемно-планировочное и техническое исполнение, при котором эвакуация людей должна быть завершена до наступления допустимых уровней опасных факторов пожара, установленных санитарными нормами.

Для успешной эвакуации людей необходимо:

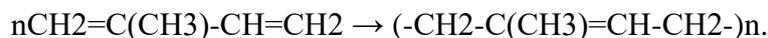
- обеспечить исполнение эвакуационных путей и выходов, соответствующее нормативным требованиям;
- создать условия беспрепятственного движения людей по путям эвакуации.

В случае невозможности полной эвакуации людей должны быть готовы средства коллективной и индивидуальной защиты, которые должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара [2, 7–9].

Следует несколько подробнее остановиться на анализе пожарной опасности химических производств. К методике изучения пожарной опасности таких объектов следует отнести и те общие вопросы анализа пожарной опасности, которые приведены выше, однако

имеются специфические особенности. Рассмотрим их на примере производств изопренового каучука в городах Стерлитамак и Тольятти.

Изопреновый каучук – это продукт радикальной полимеризации мономера-изопрена в растворителе (в основном изопентане) в присутствии каталитических комплексов. Структурная формула:



Используемые компоненты для получения каучука являются легковоспламеняющимися жидкостями. Для процесса полимеризации применяют металлоорганические катализаторы на основе TiCl_4 и алюминийорганических соединений. Наиболее эффективными являются триизобутил-, трифенил-, три-*n*-толилалюминий. Чаще всего используют триизобутилалюминий. Такие металлоорганические катализаторы при взаимодействии с кислородом воздуха самовозгораются, а при контакте с водой – взрываются, что делает процесс в целом очень опасным. Таким образом, химические производства, в частности по производству изопренового каучука, обладают повышенной пожарной опасностью и взрывоопасностью.

С целью качественной взрывопожарной защиты таких объектов необходим более качественный анализ пожарной опасности.

Для таких предприятий необходимо:

- предусматривать меры, исключающие возможность подачи в систему сырья, материалов и инертного газа, содержащих кислород и (или) влагу в количествах, превышающих предельно допустимые значения;

- допустимые концентрации кислорода и влаги, способы и периодичность контроля их количества в исходных продуктах следует определять с учетом физико-химических свойств, применяемых катализаторов. Следует отражать допустимые концентрации кислорода и влаги в технологическом регламенте на производство продукции;

- дозировку компонентов в реакционных процессах необходимо контролировать автоматически и осуществлять в последовательности, исключающей возможность образования внутри аппаратуры взрывоопасных смесей или неуправляемого хода реакций, что определяется разработчиком процесса и устанавливается в технологическом регламенте на производство продукции;

- ежедневно проверять оформление огневых работ, оборудование мест проведения первичными средствами пожаротушения, подготовку исполнителя к проведению работ (в соответствии с требованиями ППР в Российской Федерации);

- ежедневно проводить обход цехов и наружных установок с целью проверки герметичности аппаратов, трубопроводов, вентилях и задвижек, наличия первичных средств пожаротушения и их исправность;

- ежедневно проводить обход территории объекта с целью проверки состояния подземных траншей с проложенными трубопроводами, кабелями и других коммуникаций на предмет загазованности. Проводить измерения концентрации взрывоопасных газов и паров в траншеях и отстойниках производственной канализации, а также в рабочих зонах наружных установок, насосов и аппаратов [10, 11].

Примером повышенной опасности химических производств может служить пожар, происшедший 27 ноября 2022 г. в г. Стерлитамаке на заводе ОАО «Синтез-каучук». Как сообщает пресс-служба МЧС по Республике Башкортостан, случилось возгорание изопентана.

Предварительно установлено, что в здании цеха на улице Технической произошел пожар. Произошло возгорание изопентана в цехе ОАО «Синтез-каучук» в результате утечки его из 20-кубовой емкости. На тушении пожара работали 24 единицы техники и 44 чел. личного состава, пожар был локализован в течение трех часов.

В результате возгорания пострадали четыре человека, получили ожоги различной степени тяжести, двое из них в тяжелом состоянии оказались в реанимации [12].

Заключение

Описанная методика может с успехом применяться для комплексного изучения пожарной опасности объектов защиты. Она может служить основой для проведения детальных пожарно-технических обследований и проверок на предприятиях, а также составления деклараций по пожарной опасности объекта.

Из материала по анализу пожарной опасности следует, что каждый промышленный объект должен быть обеспечен надежными средствами извещения и сигнализации о пожаре в его начальной стадии, обладать всем комплексом защиты людей и материальных ценностей. При этом должны соблюдаться нормативные противопожарные требования и ППР в Российской Федерации.

Профилактические мероприятия и применяемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать возможность загорания и размеры пожара, обеспечивать быстрое и эффективное его тушение.

Список источников

1. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ 2. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
3. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. СП 4.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. СП 6.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М., 1998. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
7. Виноградов В.Н. Методика анализа пожарной опасности технологических процессов. Л., 1989.
8. Виноградов В.Н., Щаблов Н.Н. Оценка пожарной опасности и обеспечение противопожарных мероприятий на объекте. СПб., 2008.
9. Баюнов Ю.С. Методическое пособие по обеспечению пожарной безопасности организаций. СПб.: ООО «Кварта», 2007.
10. Данилина Н.Е., Лысов Р.А. Безопасность технологического процесса производства изопренового каучука в ООО «Тольяттикаучук». Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2020.
11. Данилина Н.Е., Михалев С.А. Исследование и разработка мероприятий по повышению эффективности промышленной безопасности химических опасных объектов (на примере ЗАО «Тольяттисинтез»). Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2016.
12. Пожар на заводе в Стерлитамаке. URL: <https://posredi.ru/bolshoj-pozhar-na-zavode-v-sterlitamake.html> (дата обращения: 03.12. 2022).

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 05.12.2022; принята к публикации: 18.02.2023

Информация об авторах:

Виноградов Владимир Николаевич, инженер центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vla4934@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9386-4673>

Луговой Александр Александрович, профессор кафедры общегуманитарных и социально-экономических дисциплин Санкт-Петербургского юридического института (филиала) Университета прокуратуры Российской Федерации (191104, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 44), доктор философских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации

Трунова Алина Витальевна, инспектор группы профилактики пожаров специальной пожарно-спасательной части № 22 Специального отдела № 2 Специального управления федеральной противопожарной службы № 50 МЧС России (192012, Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 136).

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научная статья

УДК 504.054

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

✉ Турова Мария Александровна;

Политаева Наталья Анатольевна.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

✉ msturova98@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию частиц микропластика в донных отложениях Ладожского озера. Проблема загрязнения водных объектов микропластиком с каждым годом привлекает всё большее внимание ученых по всему миру. Дано определение понятия «микропластик» и его влияние на морскую среду. С использованием методики исследования проб донных отложений был выполнен анализ содержания частиц микропластика в донных отложениях Ладожского озера. Было изучено четыре пробы донных отложений, в результате исследования было выявлено, что в этих пробах были обнаружены частицы микропластика различной формы, цвета и размера. Для получения более точной информации о химическом составе частиц необходимо провести анализ с использованием ИК-спектрометра. Предусматривается дальнейшее исследование данной проблемы с целью поиска путей ее решения.

Ключевые слова: микропластик, донные отложения, морской мусор, Ладожское озеро

Для цитирования: Турова М.А., Политаева Н.А. Исследование содержания частиц микропластика в донных отложениях Ладожского озера // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 33–41.

Введение

Пластик представляет собой вид морского мусора, который наиболее распространен как в океане, так и реках, и озерах. Форма, цвет и размер пластикового мусора может быть разным, однако только те частицы, длина которых не превышает пять миллиметров (примерно сопоставимо с размером кунжутного семя), принято называть «микропластиком».

В последние годы проблема загрязнения вод Мирового океана микропластиком встала наиболее остро, привлекая внимание все большего количества политиков, общественных деятелей и, конечно, ученых. Обнаруживается морской микропластик чаще всего неподалеку от побережья и может находиться в этой зоне какое-то время, но, не смотря на это, экологами очень малоизвестно, что происходит с этими частицами, и как они распределяются в прибрежных районах.

Источники возникновения микропластика различны, но чаще всего он поступает в водную среду от крупного пластикового мусора, который буквально рассыпается на кусочки более мелкого размера. Так, микрогранулы – это маленькие частицы промышленного полиэтилена, используемые как отшелушивающий компонент в различных лекарственных и косметических средствах. Частицы микропластика являются потенциальной угрозой для всей водной жизни, так как они способны пройти через системы, фильтрующие воду.

Проблема микропластика не новая. ООН утверждает, опираясь на данные Программы по окружающей среде, что около пятидесяти лет назад микрогранулы начали активно использоваться в продуктах, предназначенных для личной гигиены. В настоящее время натуральные составляющие замещают микропластиками. Еще 10 лет назад потребители, покупая продукцию, содержащую частицы пластика, даже не подозревали об этом, так как эта тема являлась на то время малоизвестной.

Ладожское озеро является крупнейшим озером Европы, располагается оно на северо-западе Российской Федерации неподалеку от Санкт-Петербурга, к востоку в 40 км. Площадь водного объекта около 17 600 км², при этом острова в эту площадь не входят, по длине озеро примерно 219 км, ширина же составляет 82 км и глубина в среднем равна 51 м. Его наибольшая глубина в точке к западу от острова Валаам составляет 230 м. В озеро впадает около 40 рек, которые в своих водах содержат большое количество различных загрязнителей, которые через озеро оказываются в его единственном истоке – реке Нева.

Цель работы – анализ проб донных отложений Ладожского озера на наличие частиц микропластика.

Задачи – рассмотрение методов анализа проб донных отложений, анализ проб донных отложений Ладожского озера.

Объект исследования – донные отложения Ладожского озера.

Методы исследования

Для изучения проб была использована следующая методика.

Этап I. Разделение проб донных отложений на фракции по плотности с использованием раствора ZnCl₂.

На данном этапе проводится соединение донных отложений с раствором ZnCl₂, потом происходит взмучивание и отстаивание. Необходимо проведение данных действий для того, чтобы микрогранулы отделились от плотных частиц с минеральным составом. Раствор хлорида цинка выделяет до 99 % полимеров, которые имеют высокую плотность, в их состав входит микропластик.

Этап II. Окисление перекисью донных отложений.

Биологический материал – это составляющая донных отложений, примерно на 0,5 – 7 %. Так, на этом этапе важно избавиться от остатков органики, не повредив микропластик. Для этого в пробу 1:1 наливается перекись водорода, и происходит нагревание смеси.

Этап III. Высушивание проб на чаше Петри.

Пробы оставляются на чаше на некоторое время (3–4 дня) до их полного высыхания.

Этап IV. Исследование проб при помощи оптического микроскопа.

Исследование проб проводится в несколько стадий. Сначала визуально с использованием микроскопа анализируется содержание пробы. На данном этапе важно идентифицировать частицы микропластика, отличить их от фрагментов органики (лапок и усиков рачков, нитевидных водорослей и т.д.). Признаком, по которому можно отличить пластик от биологических материалов, является отсутствие у микропластика клеточной структуры, неравномерная окраска волокон, а также наличие у частиц микропластика неровных острых краев. Часто бывает так, что из-за постоянного влияния различных внешних факторов частица пластика может разрушиться и покрыться биопленкой, при таких условиях определить микропластик очень сложно. Для того, чтобы точно идентифицировать микропластик, необходимо проведение спектрального анализа для определения состава вещества.

Отбор проб донных отложений был произведен на Ладожском озере, в пределах полигона протяженностью 100 м.

Данное исследование проводилось с использованием микроскопа МБИ-1.

Исследование на микроскопе проводилось с увеличением 150x (объектив – 10x, окуляр – 15x), нумерованные риски находятся на расстоянии 0,1 мм или 100 мкм друг от друга.

Для исследования были отобраны четыре пробы.

Анализ был начат с пробы № 7. В пробе содержатся микропластика волокнистой формы прозрачного (рис. 1–3) и синего (рис. 4) цвета.



Рис. 1. Проба № 7. Микропластик волокнистой формы прозрачного цвета



Рис. 2. Проба № 7. Микропластик волокнистой формы прозрачного цвета



Рис. 3. Проба № 7. Микропластик волокнистой формы прозрачного цвета

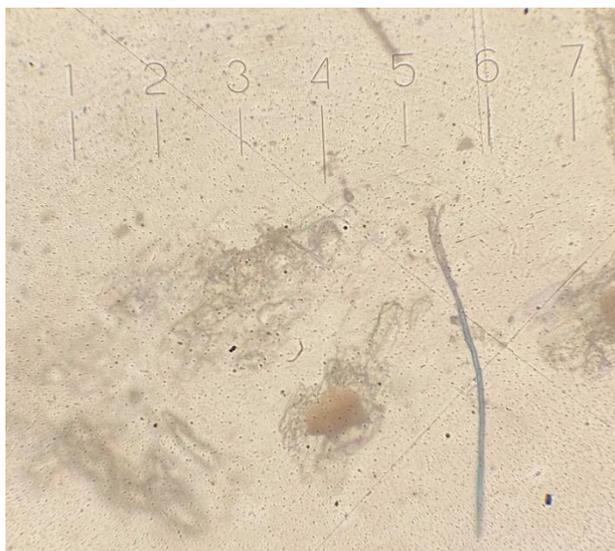


Рис. 4. Проба № 7. Микропластик волокнистой формы синего цвета

После проведения анализа пробы № 6 было выяснено, что в пробе содержатся фрагменты прозрачного пластика с неравными острыми краями (рис. 5), прозрачный микропластик волокнистой формы (рис. 6) и красного цвета (рис. 7). В пробе еще содержался фрагмент органики (рис. 8).

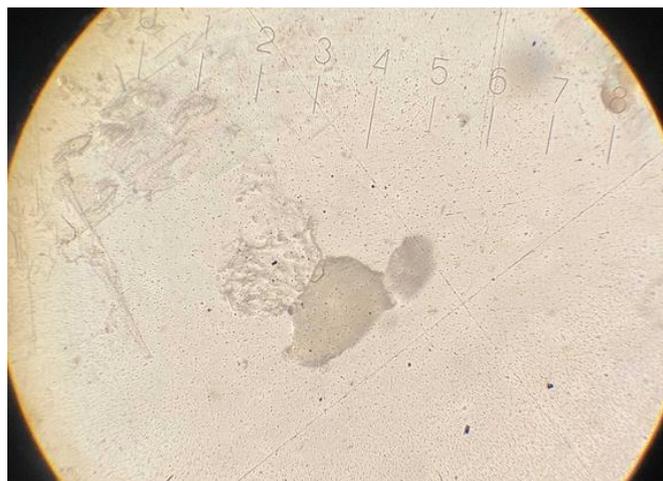


Рис. 5. Проба № 6. Микропластик прозрачный с неравными острыми краями



Рис. 6. Проба № 6. Микропластик прозрачный волокнистой формы

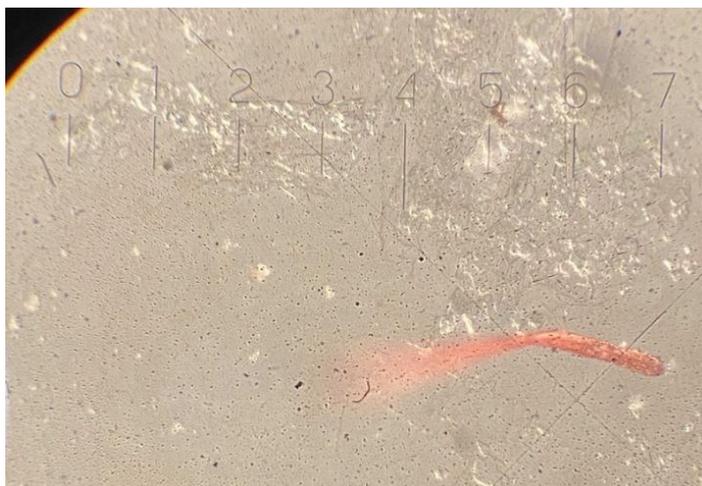


Рис. 7. Проба № 6. Микропластик волокнистой формы красного цвета



Рис. 8. Проба № 6. Фрагмент органики

При изучении пробы № 4 в ней содержался микропластик волокнистой формы прозрачного (рис. 9) и синего (рис. 10) цвета, еще был найден фрагмент органики (рис. 11).

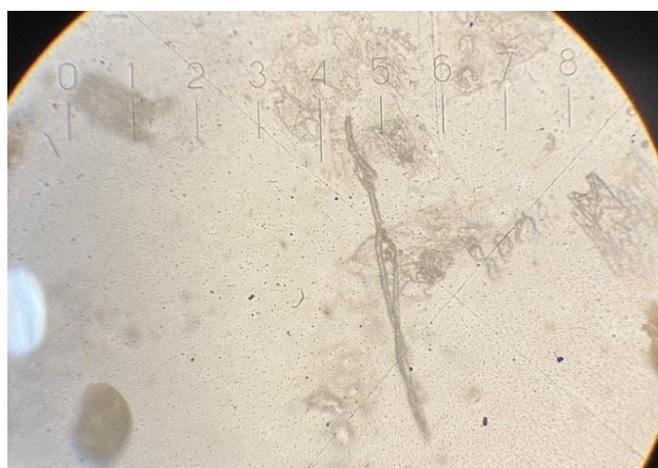


Рис. 9. Проба № 4. Микропластик прозрачный волокнистой формы



Рис. 10. Проба №4. Микропластик прозрачный волокнистой формы



Рис. 11. Проба № 6. Фрагмент органики

При анализе пробы № 3 в ней содержался микропластик волокнистой формы прозрачный (рис. 12, 13), голубого (рис. 14) и черного (рис. 15) цвета.



Рис. 12. Проба № 3. Микропластик прозрачный волокнистой формы

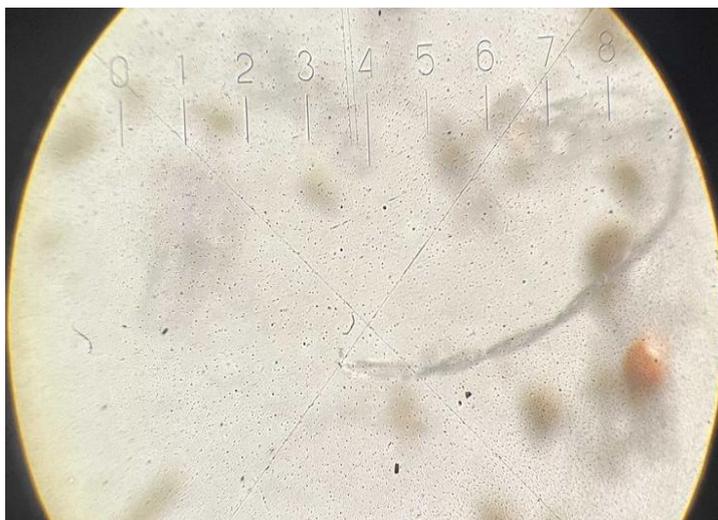


Рис. 13. Проба № 3. Микропластик прозрачный волокнистой формы

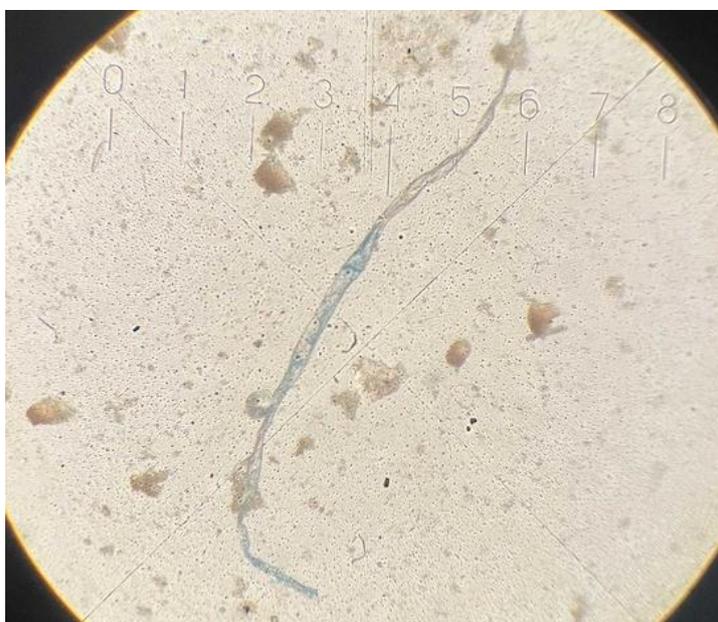


Рис. 14. Проба № 3. Микропластик волокнистой формы голубого цвета



Рис. 15. Проба № 3. Микропластик волокнистой формы черного цвета

Результаты исследования

Визуальный анализ проб с использованием микроскопа позволил изучить частицы, а именно их морфологические характеристики. Можно заключить, что все исследуемые пробы содержат в себе в наибольшем количестве микропластик волокнистой формы различных цветов (прозрачного, синего, голубого, красного и черного), также был зафиксирован фрагмент прозрачного пластика с неравномерными острыми краями. В ходе исследования в пробах были обнаружены фрагменты органики (скорее всего останки раков, живущих в озере). Все фрагменты микропластика в анализируемых пробах имеют размер меньше 1,5 мм (1500 мкм). О химическом составе анализируемых частиц можно будет сделать выводы после проведения исследований с помощью ИК-спектрометра.

Заключение

В процессе исследования была рассмотрена и применена на практике методика анализа проб донных отложений, позволяющая сделать выводы о содержании пластика в донных отложениях, взятых из Ладожского озера.

Визуальный анализ проб с использованием микроскопа позволил изучить их морфологические характеристики. По результатам анализа все исследуемые пробы в наибольшем количестве содержат в себе микропластик волокнистой формы различных цветов (прозрачного, синего, голубого, красного и черного), также был найден фрагмент прозрачного пластика с неравномерными острыми краями. В ходе исследования было выявлено содержание фрагментов органики (скорее всего останки раков, живущих в озере). Все фрагменты микропластика в анализируемых пробах имеют размер меньше 1,5 мм (1500 мкм). Чтобы сделать выводы о химическом составе анализируемых частиц, необходимо продолжить исследования с помощью ИК-спектрометра.

Проблема, затронутая в данном исследовании, является, несомненно, актуальной. Ученые всего мира занимаются изучением данной темы и уже доказано, что влияние микропластика вредно как для окружающей нас флоры, так и непосредственно для человека.

Можно сделать вывод, чтобы найти пути решения этой проблемы, необходимо продолжать дальнейшее исследование.

Список источников

1. Еремина Т.Р., Ершова А.А. Исследование проблемы морского мусора в регионе Финского залива // Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития: материалы II Всерос. конф. СПб., 2018. С. 254–256.
2. Особенности формирования и фотокаталитическая активность нанокристаллов HoFeO_3 , полученных термообработкой продуктов глицин-нитратного горения / И.С. Кондрашкова [и др.] // Журнал общей химии. 2018. Т. 88. № 12. С. 1943–1950.
3. Мартинсон К.Д., Черепкова И.А., Соколов В.В. Формирование наночастиц феррита кобальта в условиях глицин-нитратного горения и их магнитные свойства // Физика и химия стекла. 2018. Т. 44. № 1. С. 32–38.
4. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // *Marine Pollution Bull.* 2011. Vol. 62. P. 1596–1605.
5. Identification of microplastics using Raman spectroscopy: Latest developments and future prospects / C.F. Araújo [et al.] // *Water Res.* 2018. Vol. 142. P. 426–440.
6. Gregory M.R. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified // *Marine Pollution Bull.* 1996. Vol. 32. P. 867–871.
7. Hammer J., Kraak M.H., Parsons J.R. Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift // *Rev. Environ. Contamination and Toxicol.* 2012. Vol. 220. P. 1–44.

8. Henry B., Laitala K., Klepp I.G. Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment // *Sci. Total Environ.* 2019. Vol. 652. P. 483–494.

9. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification / V. Hidalgo-Ruz [et al.] // *Environ. Sci. Technol.* 2012. Vol. 46. № 6. P. 3060–3075.

10. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation / T.M. Karlsson [et al.] // *Marine Pollution Bull.* 2017. Vol. 122. P. 403–408.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 15.12 2022; принята к публикации: 01.03.2023

Информация об авторах:

Турова Мария Александровна, студент магистратуры Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29), e-mail: msturova98@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7118-3487>

Политаева Наталья Анатольевна, профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, дом 29), e-mail: politaeva1971@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5914-6210>

Научная статья
УДК 614.873.23

ЗНАЧИМОСТЬ МАРКИРОВКИ ЗАЩИТНЫХ КОСТЮМОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Иванова Анна Андреевна.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

insta14.d@gmail.com

Аннотация. В работе рассматривается значимость размещения маркировочных элементов при конструировании защитных костюмов. Такой вид маркировки предлагается внедрять, используя современные QR-коды, вмещающие в себя полный объем информации по использованию средств индивидуальной защиты, рабочему месту и сотруднику. Ознакомиться с доступной информацией по QR-коду работник может в любое время, используя только телефон и интернет. Предлагаются различные виды кодов и варианты необходимых и дополнительных данных, которые должны быть в них зашифрованы. Установлено, что ввод в эксплуатацию цифровых кодов на средствах индивидуальной защиты и специальной одежде может решить ряд важных задач для обеспечения безопасности работников и вывести современную охрану труда на новый прогрессивный уровень.

Ключевые слова: цифровой код, охрана труда, спецодежда, защитный костюм, маркировка, средство индивидуальной защиты, спецобувь

Для цитирования: Иванова А.А. Значимость маркировки защитных костюмов для управления процессами охраны труда на производстве // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 42–46.

Введение

Современные технологии, которые внедряют для обеспечения безопасности труда на предприятии, влияют на жизнь и здоровье работающих людей, а также на качество полноценного, безопасного функционирования системы охраны труда.

Спецодежда и защитные костюмы маркируются согласно техническому регламенту ТС 019/2011, начиная с 2012 г. С мощным развитием цифровой эры возникает потребность внедрить современные технологии и в область охраны труда [1, 2].

Вопросы улучшения защитных костюмов за счет усиления их защитных свойств, изменения дизайна, разработки новых теплопроводящих и дышащих тканей остаются одними из самых важных в тематике обеспечения работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) [3, 4]. Но каким бы удобным и многофункциональным не был костюм, работникам так или иначе будет недостаточно комфортно работать в нем.

Все средства индивидуальной защиты, вся спецодежда и спецобувь – это всегда дискомфорт. Несчастные случаи на производстве, происходящие по причине отсутствия СИЗ или в ситуации, когда их намеренно не надевают, происходят именно потому, что работники крайне мало осведомлены о важности и нужности выдаваемых им СИЗ и защитных костюмов. Именно в таких случаях крайне важно внедрить постоянную маркировку защитных костюмов специальными цифровыми кодами [5–7].

Аналитическая часть

QR – это двумерный тип штрих-кода, который легко считывается цифровым устройством и хранит информацию в виде серии пикселей в квадратной сетке, которая внешне выглядит как черно-белый узор. QR-код, в отличие от штрих-кода, читается в двух направлениях – по горизонтали и по вертикали. Это позволяет хранить в нем больше данных. При сканировании QR-кода пользователь получает доступ к этим данным мгновенно. Несмотря на свой размер цифровой код способен вместить большое количество данных [8]. Сканируя определенный код, вы получаете доступ к данным мгновенно [9]. Они более компактны, позволяют сохранять больше данных и поддерживают более широкий набор символов. При этом их также легко создавать и печатать.

Благодаря использованию таких кодов, система контроля и подтверждения качества продукции станет значительно проще. Плюс возможность получать более полную информацию о продукции теперь будет не только у компании, закупающей спецодежду, но и у каждого рабочего. Цифровые коды могут позволить значительно сократить время на проведение обучающих мероприятий, посвященных правилам эксплуатации и рискам, с которыми могут столкнуться люди на своих рабочих местах [10, 11].

Получая защитный костюм, каждый работник может навести камеру своего смартфона на код, расположенный на изнаночной части выданной одежды, и ознакомиться со всей информацией в полном объеме, перейдя всего лишь по одной ссылке [12–14]. При этом к повторному прочтению и детальному изучению можно возвращаться неограниченное число раз, повторяя все те же операции [15, 16].

Цифровые коды могут включать в себя следующую информацию:

- 1) информация о рабочем месте;
- 2) возможные опасности и риски;
- 3) сроки прохождения периодических аттестаций и проверок знаний по охране труда;
- 4) сроки прохождения повторных и инструктажей;
- 5) сроки прохождения медицинской комиссии;
- 6) сроки годности выдаваемого защитного костюма;
- 7) как правильно использовать СИЗ и его основные защитные характеристики;
- 8) описание возможных несчастных случаев, которые могут произойти в случае неиспользования или неправильного использования СИЗ;
- 9) порядок действий при возникновении несчастного случая на производстве.

Важно, чтобы код имел возможность изменяться и корректироваться. При выдаче костюма работнику, работодатель обязан дополнять код следующей информацией [17]:

- 1) ФИО и должность работника;
- 2) рост;
- 3) вес;
- 4) возраст;
- 5) группу крови (на случай возникновения несчастного случая).

Нововведение такого плана поможет сэкономить время руководителей среднего звена и работников снизить расходы на создание стендов, а главное, вовлечет всех сотрудников в решение проблем безопасности [18].

Ранее вся информация о проведении аттестаций работников по охране труда, прохождении медкомиссий, порядок обеспечения средствами индивидуальной защиты размещалась на огромном числе стендов, в уголках по охране труда и пожарных безопасности [18–20]. При введении цифровых кодов можно значительно систематизировать всю информацию по охране труда, сделать ее общедоступной и понятной для каждого [21, 22].

Пришивать код следует на изнаночной стороне костюма. Формат его должен быть небольшой, без колющихся и натирающих элементов.

Цифровую маркировку средств индивидуальной защиты необходимо сделать одномерным кодом. Так как в эксплуатацию уже вводились подобные коды, но они были двумерными, оказалось, что такой вариант кодировки недостаточно хорошо считывается [23].

Одномерный штрих код может считываться устройством даже при повреждениях, которые превышают 70 %. Двумерная же отметка средств индивидуальной защиты выходит из строя уже при 5 % повреждений [24, 25]. То есть любая маленькая потертость, царапина, появившаяся во время эксплуатации СИЗ, станет причиной, по которой ее не удастся считать [26–28].

Код невозможно подделать или изменить. При создании применяются криптографические технологии шифрования данных. Пример программы для создания подобного кода представлен на рисунке.

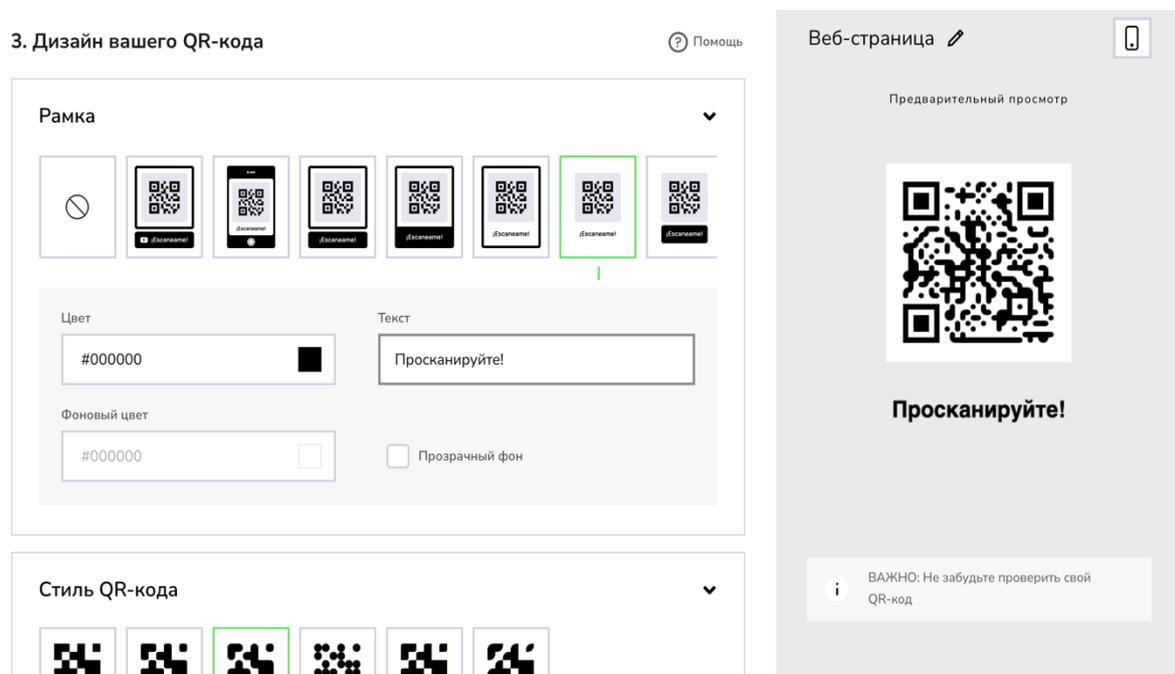


Рис. Процесс создания цифрового кода

Заключение

Таким образом, подобная маркировка спецодежды позволит вывести охрану труда на новый современный уровень развития.

По проведенному исследованию можно сделать следующие выводы:

1. Внедрение подобных кодов значительно упростит жизнь как работодателям, так и работникам.

2. Вся необходимая информация о рабочем месте и технике безопасности будет на виду у каждого работника в течение всей смены.

3. Цифровые коды могут позволить значительно сократить время на проведение обучающих мероприятий, посвященных правилам эксплуатации и рискам, с которыми могут столкнуться люди на своих рабочих местах.

Список источников

1. Новые подходы в организации системы обучения и проверки знаний требований охраны труда в организациях / В.А. Сенченко [и др.] // Безопасность и охрана труда. 2020. № 1 (82). С. 73–76.

2. Оптимизация обучения и проверки знаний требований охраны труда с помощью интернет-технологий / В.А. Сенченко [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 8 (236). С. 49–55.

3. Сенченко В.А., Каверзнева Т.Т. Место инструкций по охране труда в цифровой экономике // Охрана труда и техника безопасности на промышленных предприятиях. 2021. № 9. С. 10–17. DOI: 10.33920/pro-4-2109-01.

4. Vorobinskaya L., Finochenko V. Modern directions of development health and safety systems in the transport sector. 2023.
5. Сенченко В.А. Актуальная задача по донесению требований инструкций по охране труда молодому поколению Z в условиях цифровизации общества // Безопасность и охрана труда. 2021. № 2 (87). С. 56–60.
6. Лукомский А.В. Технология QR-кодов как средство создания учебно-методического обеспечения нового поколения // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сб. науч. статей Витебск: Витебский гос. ун-т им. П.М. Машерова, 2018. С. 267–269.
7. Digitalization of safety in the field of labor protection / Y.S. Sergeenko [et al.] // Earth and Environmental Science: Paper presented at the IOP Conference Series. 2020. № 543 (1).
8. Integrated system of industrial safety and labor protection / M.A. Akbarova [et al.] // Paper presented at the Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium. 2019. № 30 (1). P. 872–877. DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.121.
9. Tedeev A. Information technologies in business processes and modern labour activity regulation problems. Masaryk University Journal of Law and Technology. 2014. № 8 (2). P. 223–231.
10. Априорная оценка риска факторов рабочей среды и трудового процесса у бурильщиков и их помощников, занятых в нефтедобывающей промышленности / Г.Г. Гимранова [и др.] // Гигиена труда и медицинская экология. 2017. № 1 (54). С. 17–22.
11. Hygienic assessment of the working conditions and the health state of workers engaged in drilling of superdeep boreholes / I.I. Alekperov [et al.] // Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya. 1983. № 12. P. 8–12.
12. ГК «Восток-Сервис». URL: <https://shop.vostok.ru/> (дата обращения: 20.03.2021).
13. Жеглова А.В. Профессиональный риск и критерии нарушения здоровья работников горнорудной промышленности // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 5. С. 14–18.
14. Chernyshev M.V., Davydov A.F., Chernysheva G.M. Complex estimation of fabrics for sewing clothing for workers in oil refining plants // Fibre Chemistry. 2017. № 49 (1). P. 67–69.
15. Факторы и показатели профессионального риска при добыче нефти / Г.Г. Гимранова [и др.] // Вестник РГМУ. 2014. № 1.
16. 5th International scientific conference of modern management of mine producing, geology and environmental protection, SGEM. 2005.
17. Heat-insulation of special clothing: An analysis using regression models. Human Ecology (Russian Federation). № 4. P. 21–25.
18. Ovsyannikov S.N., Skripchenko D.S. A research of sound-proof properties of materials at various static loadings News of higher educational institutions // Technology of the textile industry. 2016. № 4 (364). P. 40–44.
19. Mine rescuers' heat load during the expenditure of physical effort in a hot environment, using ventilated underwear and selected breathing apparatus / A. Marszałek [et al.] // International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2018. № 24 (1). P. 1–13.
20. A user-centred design process of new cold-protective clothing for offshore petroleum workers operating in the barents sea / O.P. Naesgaard [et al.] // Industrial Health. 2017. № 55 (6). P. 564–574.
21. Development of the construction of overalls for oil workers with improved hygienic properties / M.M. Chorjeva [et al.] // Paper presented at IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 862 (2).
22. Transformation of labor legislation in the digital economy / M. Inshyn [et al.] // InterEULawEast. 2021. № 8 (1). P. 39–56.
23. Protective footwear and clothing. 1980.
24. Golod V.A., Rudakov M.L., Stepanova L.V. Substantiation of the parameters of personal protective equipment of the employees for ensuring thermal comfort of the coal mines underground personnel // Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti. 2019. № 5. P. 52–58.

25. Testing of hot-water and steam protective performance properties of fabrics. Advanced characterization and testing of textiles / S. Mandal [et al.]. 2017. P. 211–235.

26. Комплексный подход к подбору специальной одежды бурильщика нефтяных скважин с учетом показателя PMV / Т.Т. Каверзнева [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3(59). С. 159–164. DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0024. EDN VBLXRP.

27. Иванова А.А. Расчет индексов теплового комфорта при конструировании защитного костюма бурильщика // Биотехнологии и безопасность в техносфере: материалы Всерос. конф. СПб.: С.-Петерб. политех. ун-т Петра Великого, 2021. С. 149–152. EDN UYBXTL.

28. Иванова А.А. Оценка теплового комфорта работников буровых установок с учетом категории работ по уровню энергозатрат // Студенческий научный форум 2021: сб. статей междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 78–81. EDN STVVAW.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 04.02.2023; принята к публикации: 01.03.2023

Информация об авторах:

Иванова Анна Андреевна, магистр Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29), e-mail: ivanova10.aa@edu.spbstu.ru

Научная статья

УДК 331.45

«МАТРИЦА ПОСЛЕДСТВИЙ И ВЕРОЯТНОСТЕЙ» КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

Кучишкин Константин Сергеевич.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

kuchishkin.ks@edu.spbstu.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается матричный метод на основе бальной оценки, которая называется «Матрица последствий и вероятностей». Приводится объяснение понятия профессионального риска, а также доказывается необходимость внедрения процесса управления профессиональными рисками, чтобы оптимизировать и улучшить условия труда сотрудников на рабочих местах. Рассматривается процесс оценки профессионального риска с помощью матричного метода на основе бальной оценки. Определяются этапы оценки профессионального риска по выбранному методу, такие как: определение показателя вероятности, показателя последствий, уровня риска, определение срочности профилактических мероприятий. Приводятся таблицы определения значений бальных показателей тяжести последствий, значений вероятности, матрица рисков, определение уровня риска и срочности мер. Целью работы является анализ метода «Матрица последствий и вероятностей».

Ключевые слова: матричный метод, охрана труда, оценка риска, профессиональный риск

Для цитирования: Кучишкин К.С. «Матрица последствий и вероятностей» как метод оценки профессионального риска // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 47–51.

Введение

Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору. То есть, профессиональный риск – это обязательное качество абсолютно каждого действия, связанного с выработкой, преобразованием и использованием вещества, энергии и информации.

По данным международной статистики, профессиональные заболевания и несчастные случаи на производственных объектах служат причиной смерти примерно для 2,3 млн людей ежегодно. Расходы на данную проблему составляют более 2,8 трлн долларов во всем мире. Таким образом, можно сделать вывод о недостаточном контроле процесса оценки профессионального риска и игнорирование способов снижения его величины [1–2].

Оценка профессионального риска является основой для обеспечения высокой производительности и благополучия работников, а также закреплена законодательно в России и в большинстве промышленно развитых стран. Это не только предотвращение несчастных случаев или травм, но и идентификация опасности; идентификация людей, которые потенциально подвержены риску; оценка риска; мероприятия по снижению риска и разработка новых способов по его предотвращению. Именно благодаря введению системы оценки профессионального риска, делать более безопасной рабочую среду стало менее энергозатратным процессом. А проведение исследований и внедрение разработок с применением новейших технологий и инструментов для снижения риска помогает создать условия более безвредной работы на производстве [3].

Методы исследования

Для решения поставленной задачи, а именно проведения анализа метода «матрица последствий и вероятностей», были использованы общенаучные методы исследования.

Для этого был произведен отбор подходящих источников с последующим анализом. После этих операций отсеивалась некорректная или неактуальная информация.

Критериями при анализе информации являлись:

- 1) достоверность и надежность источников;
- 2) актуальность;
- 3) соответствие направленности работы, то есть определялась степень посвященности теме профессионального риска;
- 4) существующие исследования в данной области.

Далее, с помощью методов сравнения и сопоставления подходящей литературы был сделан вывод о том, что матричный метод на основе бальной оценки, который также называется «Матрица последствий и вероятностей», является наиболее популярным.

А с помощью метода синтеза было составлено полное представление о том, как проходит оценка профессионального риска выбранным методом.

Результаты исследования и их анализ

«Матрица последствий и вероятностей» – это матричный метод оценки профессионального риска на основе бальной оценки. Метод заключается в качественной оценке, где вероятность реализации опасной ситуации и тяжесть последствий имеют свои весовые коэффициенты (баллы). Итоговое значение определяется как произведение бального значения вероятности возникновения опасности, приводящего к повреждению здоровья, и бального значения тяжести последствий при осуществлении данного риска.

Матричный метод является одним из самых распространенных в силу своей простоты и доступности. Он не требует значительных временных и финансовых затрат и углубленных знаний в области профессиональных рисков. Недостатком является субъективный характер оценок значений вероятности и тяжести последствий.

Категория риска по матричному методу определяется формулой:

$$R = P \cdot S ,$$

где R – бальное значение риска по определенному событию; P – бальное значение вероятности возникновения события; S – бальное значение тяжести последствий события.

Матрицу рисков следует проводить для каждого опасного производственного фактора, способного причинить вред здоровью работника, на выбранном рабочем месте [4–5].

Ранжирование значений вероятности возникновения опасного события и тяжести последствий может отличаться. Число рангов должно быть не менее трех. Чем больше число, тем сложнее процесс оценки профессионального риска, но в то же время, точнее определение срочности проведения мероприятия по снижению риска.

Для того чтобы значение профессионального риска получилось максимально приближенное к действительному, на предприятиях используется матрица 4×6. Показатель вероятности реализации опасной ситуации (P) будет поделен на шесть рангов, а показатель тяжести последствий (S) соответственно – четыре ранга.

Последовательность действий по оценке профессионального риска для каждого идентифицированного опасного события будет иметь следующий вид (рис.):

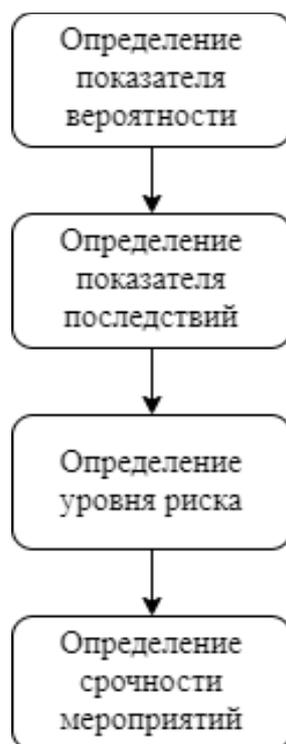


Рис. Этапы оценки профессионального риска

Для упрощения восприятия, а также последующей обработки результатов матрицы были введены буквенно-цифровые коды.

В табл. 1 указано определение балльного показателя вероятности возникновения (Р) по частоте воздействия опасности.

Таблица 1

Определение показателя вероятности

| Буквенные коды | Показатель вероятности возникновения | Описание частоты воздействия опасности |
|----------------|--------------------------------------|---|
| А | Невероятно | Реже, чем один раз в 10 лет, либо не возникает |
| В | Маловероятно | От одного раза в год до одного раза в 10 лет |
| С | Отдаленно | От одного раза в месяц до одного раза в год |
| Д | Возможно | От одного раза в неделю до двух раз в месяц |
| Е | Вероятно | От одного раза за смену до одного раза в неделю |
| F | Высокая вероятность | Один и более раз за смену |

При определении балльного значения тяжести последствий необходимо выбирать наихудший вариант развития событий.

В табл. 2 приведены определяющие балльные показатели тяжести последствий с их описанием.

Таблица 2

Определение показателя тяжести последствий

| Показатель тяжести последствий | Описание тяжести последствий |
|--------------------------------|--|
| 1. Незначительный | Микротравма, необходимо обращения за помощью |
| 2. Легкие | Несчастный случай с нетрудоспособностью сроком менее двух недель |
| 3. Серьезные | Несчастный случай с нетрудоспособностью сроком более двух недель |
| 4. Крупные | Смертельный случай, полная потеря работоспособности |

Таким образом, выбранный метод оценки профессионального риска, а именно матрица 4×6, будет выглядеть, как показано в табл. 3.

Таблица 3

Матрица рисков

| Вероятность возникновения события | Тяжесть последствий | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1. Незначительные | 2. Легкие | 3. Серьезные | 4. Крупные |
| А. Невероятно | A1 Малозначимый риск | A2 Малозначимый риск | A3 Малый риск | A4 Умеренный риск |
| В. Маловероятно | B1 Малозначимый риск | B2 Малый риск | B3 Умеренный риск | B4 Умеренный риск |
| С. Отдаленно | C1 Малый риск | C2 Умеренный риск | C3 Умеренный риск | C4 Средний риск |
| Д. Возможно | D1 Умеренный риск | D2 Умеренный риск | D3 Средний риск | D4 Значительный риск |
| Е. Вероятно | E1 Умеренный риск | E2 Средний риск | E3 Значительный риск | E4 Недопустимый риск |
| Ф. Высокая вероятность | F1 Средний риск | F2 Значительный риск | F3 Недопустимый риск | F4 Недопустимый риск |

Для определения показателей риска и приоритетности мероприятия по его снижению нужно обратиться к табл. 4.

Таблица 4

Определение уровня риска и срочности мер

| Показатель риска | Уровень риска | Приоритет мероприятий по снижению риска |
|--------------------------------|---------------|--|
| A1, A2, B1 | Малозначимый | Мероприятия не требуются. Достаточен контроль |
| A3, B2, C1 | Малый | Мероприятия не обязательны, но желательны |
| A4, B3, B4, C2, C3, D1, D2, E1 | Умеренный | Мероприятия необходимы. Они разрабатываются и проводятся по графику |
| C4, D3, E2, F1 | Средний | Мероприятия необходимо спланировать и провести по графику в сжатые сроки |
| D4, E3, F2 | Значительный | Мероприятия обязательны. Их проведение необходимо начать незамедлительно |
| E4, F3, F4 | Недопустимый | Мероприятия обязательны. Начать незамедлительно. Работа на данном рабочем месте должна быть прекращена до момента снижения риска |

Значения профессионального риска выбранной профессии определяется для каждого опасного производственного фактора, которые были идентифицированы заранее.

Итоговое значение профессионального риска, которое присваивается оцениваемой профессии, определяется как самое большое из полученных значений [6–8].

Заключение

Профессиональный риск рассчитывается для каждой идентифицированной опасности. Также для каждой опасности определяются необходимые меры по снижению профессионального риска. Все полученные результаты заносятся в карту оценки рисков.

Оцениваемой профессии присваивается максимально зарегистрированная на рабочем месте категория риска.

Если по итогу оценки профессиональных рисков от различных опасностей выясняется, что этих мероприятий достаточно, то создание дополнительных мероприятий не требуется.

Если определяется, что данных мероприятий недостаточно, то определяется список дополнительных мероприятий, и составляется план корректирующих действий.

Список источников

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ, Ст. 209. Основные понятия. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. Tikhonova O.V., Kitova E.T., Zikina M.O. Improvements in labour safety management: Efficiency of industrial control organization and implementation, occupational risks assessment (by the example of food industry enterprise) // Earth and Environmental Science: paper presented at the IOP Conference. 2021. № 720 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012048.
3. Цховребова И.Ч., Тибилова И.В. Методы и средства оценки профессиональных рисков // Процветание науки. 2021. № 1 (1).
4. Korshunov G.I., Kabanov E.I. Occupational risk management in a mining enterprise with the aid of an improved matrix method for risk assessment. Acta Montanistica Slovaca, 2020. P. 289–301. DOI: 10.46544/AMS.v25i3.3.2020.13351788.
5. Klimova E.V., Semeykin A.Yu., Nosatova E.A. Improvement of processes of professional risk assessment and management in occupational health and safety system // Materials Science and Engineering: IOP Conference Series. 2018. 14. DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012198.
6. Метод оценки профессиональных рисков как элемент концепции безопасности производства URL: <https://www.btpnadzor.ru/archive/metod-otsenki-professionalnykh-riskov-kak-element-kontseptsii-bezopasnosti-proizvodstva> (дата обращения: 12.12.2022).
7. ГОСТ 12.0.230.5–2018. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ. М.: Стандартинформ, 2018.
8. Carcinogenic assessment of cobalt-containing alloys in medical devices or cobalt in occupational settings: A systematic review and meta-analysis of overall cancer risk from published epidemiologic studies / S. Zhang [et al.] // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2021. № 125. DOI: 10.1016/j.yrtph.2021.104987.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 04.02.2023; принята к публикации: 03.03.2023

Информация об авторах:

Кучишкин Константин Сергеевич, магистр Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29),
e-mail: kuchishkin.ks@edu.spbstu.ru

ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

Научная статья

УДК 614.8

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЦЕНТРАХ УПРАВЛЕНИЯ В КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

✉ **Воронцова Анна Анатольевна;**

Путинцева Елизавета Николаевна;

Лобова Софья Федоровна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ *annavorontsova@msn.com*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования функционала автоматизированной информационно-управляющей системы – единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Рассмотрены возможные модели киберугроз. Сформулирована необходимость развития программных средств для оценки риска киберугроз в условиях неблагоприятного развития межгосударственных отношений.

Ключевые слова: информационная система, автоматизированная информационно-управляющая система единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, информационная безопасность

Для цитирования: Воронцова А.А., Путинцева Е.Н., Лобова С.Ф. Анализ информационных систем, применяемых в центрах управления в кризисных ситуациях при организации и проведении аварийно-спасательных работ // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 52–55.

Введение

Сложно представить субъект национальной экономики Российской Федерации без четко выстроенной структуры информационной безопасности (ИБ). Понятие ИБ связано, в том числе, с понятием защиты информационной инфраструктуры (ИИ) субъекта от угроз кибератак. Целью кибератак являются: сбор информации, кража или уничтожение информации, программных средств и технических ресурсов путем подавления систем защиты, внедрения вирусов и других разнообразных программных закладок. Международные события последнего года показали, что целью кибератак могут стать уничтожение или активное подавление линий связи, неправильная адресация, перегрузка узлов коммуникации и проведение информационно-психологических операций с целью дезинформации населения.

ИИ МЧС России включает следующие информационные технологии (ИТ): web-технологии (сайты для информирования населения), базы данных, в том числе сверхбольшие базы данных, систему единого электронного документооборота, автоматизированную аналитическую систему поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России, программные средства геолокации и электронной картографии, IP-телефонии (голосовая и видео связь) и др.

В настоящее время приоритетными направлениями МЧС России являются внедрение и использование в своей деятельности технологий нового поколения и современных информационных ресурсов и систем, позволяющих при проведении аварийно-спасательных работ (АСР) принимать своевременные и достаточные управленческие решения, направленные на уменьшение времени ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) и снижение от них размера ущерба объектам экономики и окружающей среде.

Выполняемые задачи МЧС России позволили осуществить внедрение и развитие автоматизированной информационно-управляющей системы: единой системы предупреждения и ликвидации ЧС (АИУС РСЧС) [1–2].

АИУС РСЧС предназначена для обеспечения подготовки, сбора, хранения, обработки, анализа и передачи информации, а также поддержки принятия управленческих решений органами управления РСЧС в различных режимах функционирования [2].

К сожалению, уязвимость информационной системы АИУС РСЧС к кибератакам не изучена. Нет научных работ, позволяющих оценить ее жизненный цикл как программного продукта в условиях импортозамещения. Правительство Российской Федерации еще в 2014 г. объявило курс на постепенный отказ от зарубежных технологий и программного обеспечения. Были выделены объекты критической ИИ, установлены сроки, в течение которых российские организации должны перейти на российское программное обеспечение при наличии отечественных аналогов.

В работе проведен анализ информационной системы АИУС РСЧС с точки зрения ее использования в повседневной деятельности сотрудников центров принятия решений в кризисных ситуациях, предпринята попытка анализа ее уязвимости к кибератакам разного уровня.

Методы исследования

К сожалению, нет единого подхода к анализу таких систем с точки зрения уязвимости к кибератакам, поэтому предпринята оценка характеристик информационной системы, показана ее значимость в повседневной работе сотрудников МЧС России, и приведены возможные модели атак на систему, исходя из ее функциональных возможностей.

Одним из основных сегментов АИУС РСЧС является информационная система «Атлас опасностей и рисков» (ИС «Атлас опасностей и рисков»), которая позволяет:

1) осуществлять автоматизированный обмен между органами управления повседневного управления РСЧС всех уровней данными об потенциально опасных объектах, объектах инфраструктуры, обеспечивающих жизнедеятельность населения (газопроводы, водопроводы, электрические сети и др.);

2) производить мониторинг гидрологической, метеорологической, экологической, геофизической и других видов обстановки, включая себя результаты обработки данных дистанционного зондирования Земли (данные ДЗЗ) из космоса;

3) анализировать существующие риски на территориях Российской Федерации, в том числе осуществлять моделирование последствий ЧС, связанных с:

- подтоплениями (затоплениями) территорий (на основе ортофотопланов и цифровых моделей рельефа, построенных на основе результатов плановой и оперативной аэрофотосъемки);
- взрывами в зданиях и сооружениях;
- ландшафтными (природными) пожарами;

4) производить выработку предложений на основе анализируемых данных для проведения комплекса превентивных мероприятий.

Входящие в ИС «Атлас опасностей и рисков» подсистемы расширяют его возможности при решении задач по предупреждению и ликвидации ЧС.

Таковыми подсистемами являются:

1. Подсистема уведомления о термических точках ИС «Атлас опасностей и рисков», включающая информационный портал и мобильное приложение «Термические точки».

Данная система в непрерывном режиме осуществляет прием данных ДЗЗ с космических аппаратов как отечественной (ГК Роскосмос), так и иностранной группировок (Европейское космическое агентство, Национальное управление океанических и атмосферных исследований, NASA). В автоматическом и полуавтоматическом режимах производит обработку полученных данных, по результатам которой происходит детектирование ландшафтных (природных) пожаров на территории Российской Федерации, с целью дальнейшего реагирования на них и ликвидации последствий;

2. Подсистема автоматизированного учета показателей оперативной информации ИС «Атлас опасностей и рисков» «База знаний», позволяющая в едином информационном поле производить сбор и обобщение сведений, используемых специалистами МЧС России при предупреждении и ликвидации ЧС.

«База знаний» состоит из следующих модулей:

- «Происшествия (ЧС)» – ведение официального и оперативного статистического учета ЧС и их основных параметров;
- «Силы и средства» – ведение сведений по составу сил и средств МЧС России;
- «Происшествия на воде» – ведение статистики происшествий на воде;
- «Сведения о зимниках, ледовых переправах и местах массового выхода людей на лед» – сбор информации по планируемому к открытию, открытым и закрытым ледовым переправам и зимникам, а также информации о местах массового выхода людей на лед и происшествиях на них;
- «Мероприятия по обезвреживанию, уничтожению взрывоопасных предметов»;
- «ЕОП» – ввод параметров ежедневного оперативного прогноза возникновения и развития ЧС на территории Российской Федерации;
- «ТВ сюжеты», «Бегущие строки на ТВ» – сбор информации об освещении в СМИ деятельности подразделений МЧС России;
- и другие модули.

Использование вышеперечисленного функционала АИУС РСЧС может быть подвергнуто следующим моделям атак:

- 1) использующим уязвимости, связанные с сетевой инфраструктурой;
- 2) использующим уязвимость с угрозой использования недостаточного уровня исправлений кода программного обеспечения;
- 3) использующие уязвимость конфигурации сервера, настроенного по «общему типу»;
- 4) использующие уязвимость, связанную с использованием стандартного программного обеспечения и проприетарное программное обеспечение;
- 5) использующие «звуковые атаки».

Результаты исследования и их анализ

Проведенный анализ показал, что необходимо провести более детальный анализ, связанный с импортозамещением проприетарного программного обеспечения, используемого в работе АИУС РСЧС [3]. Учитывая то, что в своей службе при проведении АСР специалисты МЧС России используют следующие ведомственные информационные системы:

- ГИС «Обзор»;
- САУР (расчет последствий взрывов и ландшафтных (природных) пожаров);
- система визуализации данных Superset;

а также программное обеспечение иностранного производства:

- Marinetraffic (предоставляет информацию в реальном времени о движении судов и текущем местоположении судов в гаванях и портах);
- Flightradar24 (позволяет в реальном времени наблюдать за положением воздушных судов);
- Sentinel-browser (предоставляет спутниковые снимки высокого разрешения);
- WINDY (позволяет осуществлять прогнозирование погоды по всему миру);
- Ventusky (отображаются карты ветров, осадков и температур),

необходимость в таких исследованиях очевидна, чтобы исключить сбои в работе программного обеспечения при ликвидации ЧС или при проведении аварийных спасательных работ.

Заключение

В заключении нужно было бы акцентировать внимание на необходимости разработки программного обеспечения для анализа и оценки рисков возможных путей выявления

киберугроз, связанных с применением в работе информационных систем МЧС России оборудования и программного обеспечения иностранного производства, в том числе использование иностранных спутников [4–10].

Список источников

1. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. О вводе в постоянную (промышленную) эксплуатацию и утверждении Положения о Многоуровневом сегменте АИУС РСЧС-2030 на федеральном, межрегиональном и региональном уровнях: приказ МЧС России от 1 окт. 2019 г. № 549. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
3. Воронин Д.А. Модифицированный алгоритм AprioriAll поиска последовательных шаблонов // В мире научных открытий. 2011. № 8 (20). С. 136–145.
4. Семь шагов кибератаки: от разведки до ущерба. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/338889-sem-shagov-kiberataki-ot-razvedki-do-ushcherba> (дата обращения: 02.03.2023).
5. Srikant R., Agrawal R. Mining Sequential Patterns: Generalizations and Performance Improvements // In Proc. Int'l Conf Extending Database Technology. 1996. P. 3–17.
6. Матвейкин В.Г., Дмитриевский Б.С., Ляпин Н.Р. Информационные системы интеллектуального анализа. М.: Машиностроение, 2008. 92 с.
7. Угринович Н.Д. Информатика и информационные технологии. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 464 с.
8. Bass L., Clements P., Kazman R. Software Architecture in Practice. 2ed. Addison Wesley, 2003. 528 p.
9. Mao Y. User Interface Evaluation with Machine Learning Methods. Ann Arbor: University of Michigan, 2019. 143 p.
10. Dromey G.R. A model for software product quality // Transactions of Software Engineering. 1995. Vol. 21. P. 146–162.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 07.03.2023; принята к публикации: 10.03.2022

Информация об авторах:

Воронцова Анна Анатольевна, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат физико-математических наук, e-mail: annavorontsova@msn.com

Путинцева Елизавета Николаевна, курсант кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: karezinaliza@yandex.ru

Лобова Софья Федоровна, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ficentre@igps.ru

Научная статья
УДК 338.27

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА САМООРГАНИЗАЦИИ

Лабинский Александр Юрьевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

labinskyi.a@igps.ru

Аннотация. Изложены результаты анализа работоспособности и помехоустойчивости алгоритма прогнозирования с использованием принципа самоорганизации. Рассмотрено влияние вида искомой функции и характера зашумления исходных данных на работоспособность алгоритма прогнозирования. Для подготовки массива тестовых данных, используемых для анализа работоспособности алгоритма моделирования объектов методом группового учета аргументов, была создана программа для ЭВМ, позволяющая выбирать тестовые зависимости, представляющие собой монотонно возрастающие, монотонно убывающие и периодические функции. Программа позволяет производить графическую интерпретацию массива исходных данных. Сформулировано понятие помехоустойчивости алгоритма моделирования, включающей величину показателя интенсивности шума. Для подготовки зашумленных исходных данных использовалась программа для ЭВМ, позволяющая выбирать законы распределения случайной величины (равномерное, нормальное, экспоненциальное и Релея), а также величину максимальной амплитуды возмущений. Программа позволяет представлять зашумленные данные в графическом виде. Представлены результаты расчетов по зашумлению экспериментальных данных для указанных законов распределения случайного шума, которые показали незначительное влияние характера зашумления на погрешность расчета.

Ключевые слова: прогнозирующие математические модели, самоорганизация, метод группового учета аргументов, работоспособность, помехоустойчивость

Для цитирования: Лабинский А.Ю. Анализ работоспособности и помехоустойчивости алгоритма прогнозирования с использованием принципа самоорганизации // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2023. № 1. С. 56–60.

Введение

В целях снижения техногенных рисков и повышения эффективности деятельности подразделений МЧС России большое значение имеет определение закономерностей возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и создание математических моделей системы прогнозирования возникновения ЧС на объектах [1, 2].

Методы самоорганизации или методы группового учета аргументов (МГУА) направлены на всемерное уменьшение необходимой априорной информации, вводимой человеком в ЭВМ [3]. Главное – указать критерий выбора (селекции) модели. Далее, ЭВМ находит единственную модель оптимальной сложности при помощи перебора большого числа моделей по заданному критерию.

Принцип самоорганизации заключается в том, что при постепенном усложнении моделей некоторые критерии (внешние дополнения) проходят через минимум. Глубину минимума можно рассматривать как меру успеха моделирования и надежности модели [4].

Постановка задачи: разработать компьютерные модели, реализующие процессы подготовки массива тестовых данных, а также подготовки массива зашумленных исходных данных с возможностью выбора законов распределения случайной величины и величины максимальной амплитуды возмущений. Тема статьи актуальна, так как создание прогнозирующих математических моделей позволяет снизить риски возникновения ЧС путем уменьшения вероятности их появления.

Новизна исследования заключается в разработке двух компьютерных моделей, реализующих процесс выбора тестовых зависимостей, представляющих собой монотонно возрастающие, монотонно убывающие и периодические функции, и процесс подготовки зашумленных исходных данных с возможностью выбора закона распределения случайной величины (равномерное, нормальное, экспоненциальное и Релея) и величины максимальной амплитуды возмущений.

Работоспособность алгоритма моделирования

Под помехоустойчивостью алгоритма понимается способность метода найти истинную структуру некоторой заданной (тестовой) функции по зашумленным данным. В данном вычислительном эксперименте выбирается ряд функций линейного вида с ковариацией. При некоторых значениях переменных вычисляются значения функции и суммируются со значениями шума (непрерывными случайными величинами, распределенными по заданному закону). Таким образом, помехоустойчивость алгоритма – способность восстановить структуру линейного уравнения с ковариацией переменных при увеличении значения интенсивности шума до некоторой предельной величины.

Для анализа работоспособности алгоритма моделирования объектов МГУА был поставлен ряд вычислительных экспериментов [5–7]. В рамках экспериментов было выбрано два ряда тестовых зависимостей, представляющих собой монотонно возрастающие, монотонно убывающие и периодические функции.

Для подготовки массива тестовых данных была создана программа для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 1.

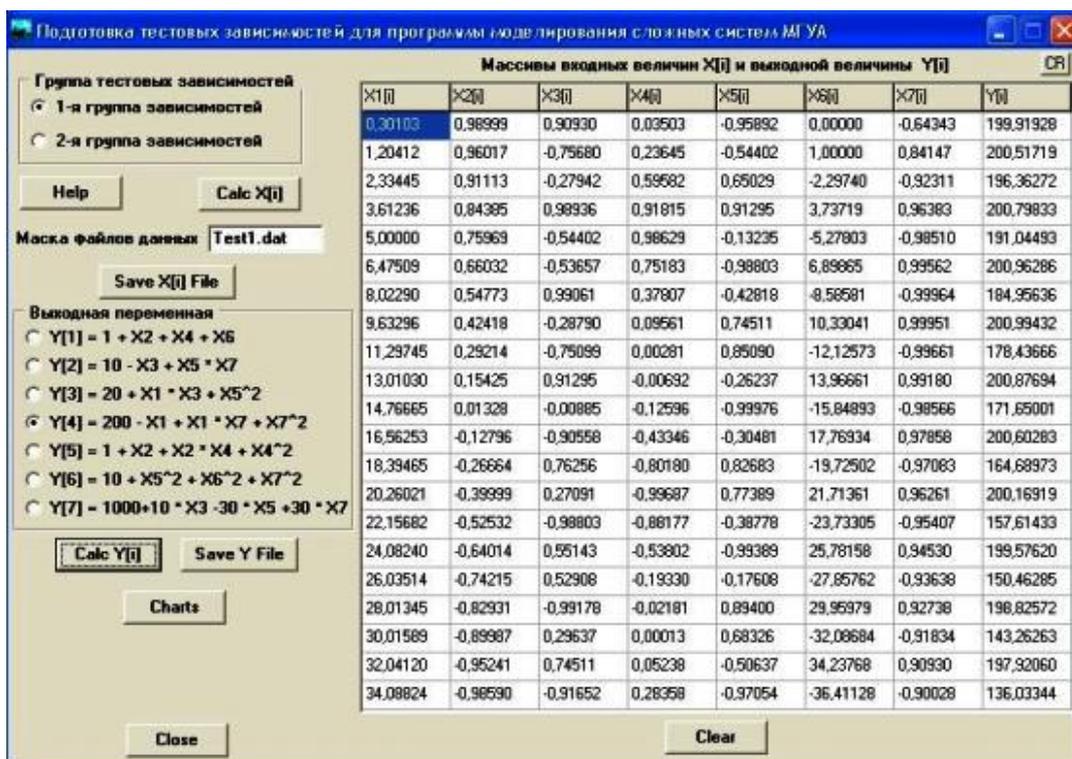


Рис. 1. Программа подготовки массива тестовых данных

Программа позволяет производить графическую интерпретацию массива исходных данных, представленную на рис. 2.

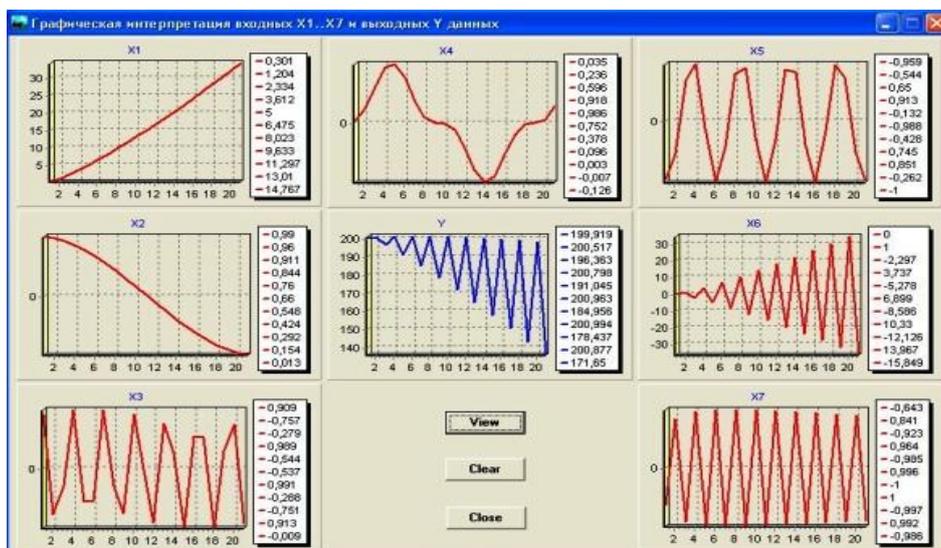


Рис. 2. Графическая интерпретация исходных данных

В качестве первой группы тестовых зависимостей в виде монотонно возрастающих, монотонно убывающих и периодических функций были выбраны следующие зависимости:

$$\begin{aligned} X_1 &= \text{Log}_{10}(2 * Z) * Z; & X_2 &= \text{Cos}(3 * Z) * (-1)^Z; & X_3 &= \text{Sin}(2 * Z); \\ X_4 &= [\text{Sin}(Z / 3)]^3; & X_5 &= \text{Sin}(5 * Z); & X_6 &= [(Z - 1)^{1,2}] * (-1)^Z; \\ X_7 &= \text{Sin}[\text{Log}_{10}(5 * Z)] * (-1)^Z; & & & & Z = 1 \dots 21. \end{aligned}$$

В качестве второй группы тестовых зависимостей в виде монотонно возрастающих, монотонно убывающих и периодических функций были выбраны следующие зависимости:

$$\begin{aligned} X_1 &= 2 * e^{-Z}; & X_2 &= \sqrt{(Z) - \text{Cos}(Z)}; & X_3 &= 0,25 * Z * \text{Sin}(Z / 2); \\ X_4 &= \text{Cos}(Z / 2) * e^{-Z/2}; & X_5 &= 2 * \text{Ln}(Z / 2) / Z; & X_6 &= \text{ArcCos}[\text{Cos}(Z / 2)]; \\ X_7 &= 1 / [1 + (Z / 2)^2]; & & & & Z = 1 \dots 21. \end{aligned}$$

Значения $Y_i = f(X_i)$ вычислялись с использованием следующих зависимостей:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 1 + X_2 + X_4 + X_6; & Y_2 &= 10 - X_3 + X_5 * X_7; & Y_3 &= 20 + X_1 * X_3 + X_5 * X_5; \\ Y_4 &= 200 - X_1 + X_1 * X_7 + X_7 * X_7; & Y_5 &= 1 + X_2 + X_2 * X_4 + X_4 * X_4; \\ Y_6 &= 10 + X_5 * X_5 + X_6 * X_6 + X_7 * X_7; & Y_7 &= 1000 + 10 * X_3 - 20 * X_5 + 30 * X_7. \end{aligned}$$

Математическая модель объекта была описана в виде полинома с ковариациями (скалярными произведениями $X_i * X_j$) и квадратичным описанием (до семи неизвестных):

$$Y_i = A_{0ij} + A_{1i} * X_i + A_{1j} * X_j + A_{ij} * X_i * X_j + A_{ii} * X_i^2 + A_{jj} * X_j^2,$$

где $i, j = 1 \dots 7$.

При вычислении погрешности расчета использовались следующие величины:

– дисперсия $\sigma_{cp} = \sqrt{[\sum (Y_{эj} - Y_{pj})] / N}$,

где $Y_{эj}$ и Y_{pj} – экспериментальные и расчетные значения, N – объем выборки экспериментальных данных;

– средняя относительная погрешность $\delta_{cp} = [\sum (Y_{pj} - Y_{эj})] / (N * Y_{эj})$,

где Y_{pj} и $Y_{эj}$ – расчетные и экспериментальные значения.

Результаты расчетов показали, что при наличии незашумленных значений экспериментальных данных алгоритм МГУА имеет структурную сходимость, то есть находит истинную структуру искомого вида функции и, кроме того, с достаточной степенью точности определяет значения коэффициентов A_{ij} .

Однако выявлено влияние вида искомой функции, а именно величины значения свободного члена A_0 , на структурную сходимость алгоритма (зависимости для Y_1 и Y_5).

Помехоустойчивость алгоритма моделирования

Под помехоустойчивостью алгоритма понимается способность метода найти истинную структуру некоторой заданной (тестовой) функции по зашумленным данным. То есть в процессе проведения численного эксперимента выбирается ряд функций вида $Y_i = A + X_i + X_i * X_j$.

При некоторых реализациях X_i вычисляются значения Y_i и суммируются со значениями шума (непрерывными случайными величинами, распределенными по заданному закону). Показателем интенсивности шума принимается величина:

$$\rho = \sqrt{\{[\sum (\varepsilon_i)^2] / [\sum (Y_i)^2]\}},$$

где ε_i – случайное возмущение ($Y_i = Y_i + \varepsilon_i$).

Таким образом, под помехоустойчивостью понимается способность восстановить структуру уравнения $Y_i = A + X_i + X_i * X_j$ при увеличении значения интенсивности шума ρ до некоторой предельной величины.

Для подготовки зашумленных исходных данных использовалась программа для ЭВМ, позволяющая выбирать законы распределения случайной величины (равномерное, нормальное, экспоненциальное и Релея), а также величину максимальной амплитуды возмущений. Интерфейс программы представлен на рис. 3:

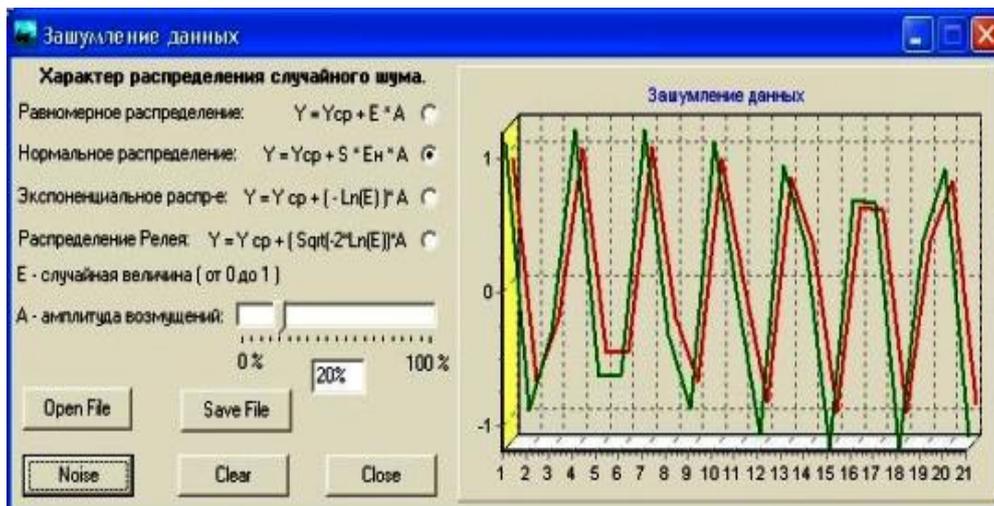


Рис. 3. Программа подготовки зашумленных данных

Для зашумления данных использовались непрерывные случайные величины со следующими законами распределения:

1. *Равномерное распределение.*

Плотность распределения вероятности: $\varphi(x) = 1 / (B - A)$, $A \leq X \leq B$.

Случайная величина определяется по формуле: $X = (B - A) * P + A$,

где P – случайная величина, равномерно распределенная в интервале от 0 до 1.

2. *Нормальное распределение.*

Плотность распределения вероятности:

$$\varphi(X) = [1 / (\sqrt{6.28 * \sigma})] * \text{Exp}[-(X - X_0)^2 / (2 * \sigma^2)]$$

Случайная величина определяется по формуле: $X = \sigma * P + X_0$,

где σ – среднее квадратическое отклонение, $P = \omega_n - (\omega_n^3 - 3 * \omega_n) / (20 * n)$,

$\omega_n = m / n$ – частота испытаний.

3. *Экспоненциальное распределение.*

Плотность распределения вероятности: $\varphi(X) = \lambda * e^{-\lambda * X}$,

где $X > 0$ и $\lambda > 0$.

Случайная величина определяется по формуле: $X = -\text{Ln}(P) / \lambda$.

4. Распределение Релея.

Плотность распределения вероятности: $\varphi(X) = [X / (\sigma^2)] * \exp [-(X^2) / (2 * \sigma^2)]$.

Случайная величина определяется по формуле: $X = \sqrt{[-2 * \ln(P)]}$.

Результаты вычислительных экспериментов показали, что при значительном зашумлении данных (интенсивность шума более 50 %) алгоритм МГУА в большинстве случаев (за исключением зависимости $Y_1 = 1 + X_2 + X_4 + X_6$) имеет слабую структурную сходимость, то есть не может найти структуру искомого вида функции. В случае зависимости Y_1 алгоритм МГУА не может найти решение (зацикливание программы) [8–12].

Далее были выполнены расчеты по зашумлению экспериментальных данных для других законов распределения случайного шума: нормального, экспоненциального и Релея. Результаты расчетов показали, что характер зашумления (равномерное, нормальное, экспоненциальное распределения и распределение Релея) слабо сказывается на погрешности расчета по алгоритму МГУА.

Вывод

Результаты расчетов показывают, что при наличии слабо зашумленных значений экспериментальных данных (интенсивность шума не более 20 %) алгоритм МГУА имеет структурную сходимость, то есть находит структуру, близкую к структуре искомого вида функции и, кроме того, определяет значения коэффициентов A_{ij} .

Список источников

1. Надежность технических систем и техногенный риск / В.С. Артамонов [и др.]: учеб. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2007.
2. Лабинский А.Ю., Подружжина Т.А. Снижение техногенных рисков путем использования прогнозирующих математических моделей // Природные и техногенные риски. 2013. № 3.
3. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложных систем. Киев: Техника, 1995.
4. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным. М: Радио и связь, 1997.
5. Сметанин Ю.В., Лабинский А.Ю. Применение математического моделирования объектов автоматизированных систем методом группового учета аргументов с целью обеспечения целостности информации в условиях высокого уровня помех // Информационная безопасность регионов России: материалы науч. техн. конф. СПб.: С.-Петербург. ин-т информат. и автомат. РАН, 2001.
6. Лабинский А.Ю., Сметанин Ю.В., Примакин А.И. Применение средств визуального программирования для решения задач математического моделирования объектов методом группового учета аргументов : сб. трудов. СПб.: С.-Петербург. ун-т МВД России, 2001. № 12.
7. Лабинский А.Ю. Прогнозирование с использованием методов самоорганизации // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2022. № 4. С. 22–27.
8. Ivahnenko A.G. Include Method of Models Self-organisation for Complex System // Cybernetics and Fore casting technique. 2017. № 5.
9. Beer S. Argument group consideration method. Cybernetics and Management. London, 2015.
10. Gabour D. Perspective of Planing. London, 2016.
11. Schmidhunder J. Deep Learning in neural networks // Neural Networks. 2015. № 6.
12. Takao S., Kondo S. Deep feedback neural network // Artificial Life and Robotics. 2018. № 5.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 30.01.2023; принята к публикации: 08.02.2023

Информация об авторах:

Лабинский Александр Юрьевич, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: Labinsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ»

К публикации принимаются оригинальные исследовательские и обзорные аналитические статьи, отвечающие профилю журнала, представляющие результаты завершеного научного исследования, выполненного на актуальную тему, обладающие научной новизной, имеющие практическое значение и теоретическое обоснование, оформленные в соответствии с требованиями.

Статья должна быть ранее не опубликованной и не поданной для рассмотрения в другие журналы. Все статьи проходят проверку в системе «Антиплагиат».

Статьи **обучающихся магистратуры, курсантов и студентов** принимаются **только в соавторстве с научным руководителем**.

1. Материалы для публикации представляются в редакцию журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации, *заключением* об 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 – *заклучением* об отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) статья аспиранта (адъюнкта) или соискателя помимо вышеуказанных документов должна сопровождаться *отзывом научного руководителя*;

г) *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**;

д) *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 **15** машинописных страниц.

3. Текст статьи должен быть обязательно структурирован по разделам:

Введение

В разделе «Введение» проводится анализ состояния исследуемой проблемы по публикациям отечественных и зарубежных источников, на основании которого обосновывается актуальность исследования, формулируются цель и задачи исследования.

Методы исследования

В разделе описываются применяемые в работе методы исследования, приводятся сведения об объектах исследования, измерительном оборудовании, описываются условия экспериментов и т.д. Возможно указание ссылок на работы с более подробным изложением методов, однако приводимого описания должно быть достаточно для понимания хода исследования.

При использовании стандартных (или известных) методов и процедур лучше сделать ссылки на соответствующие источники, не забывая описать модификации стандартных методов, если таковые имелись. Если же используется собственный новый метод, описание которого нигде ранее не было опубликовано, важно привести все необходимые детали. Если

ранее описание метода было опубликовано в известном журнале, можно ограничиться ссылкой.

Допускается и иное название раздела, обусловленное спецификой исследования и подготовленной на его основе статьи, например «Материалы и методы исследования», «Модели и методы исследования», «Теоретические основы и методы расчета».

Результаты исследования и их обсуждение

В разделе в логической последовательности излагаются результаты исследования, которые подтверждаются таблицами, графиками, рисунками. Здесь же проводится анализ и интерпретация полученных результатов, описываются выявленные закономерности, подтверждается достоверность результатов, проводится сопоставление собственных результатов с данными других исследователей.

Заключение

В разделе излагаются основные выводы, подводятся итоги проделанной работы, обосновывается научная новизна полученных результатов, приводятся научно обоснованные рекомендации по их использованию, определяются основные направления дальнейших исследований в данной области.

Заключение содержит главные идеи основного текста статьи, но не должно повторять формулировок, приведенных в предыдущих разделах.

Список литературы *оригинальных* исследовательских статей должен содержать **не менее 10 источников** (из которых *не менее 30 % зарубежных*).

Для **ОБЗОРНЫХ аналитических статей** допускается иная структура статьи:

1. Введение.
2. Аналитическая часть.
3. Заключение.

В разделе «Аналитическая часть» должен быть представлен критический анализ и критическое обобщение актуальной исследовательской проблемы по отечественным и зарубежным научным источникам (*не менее 25 источников*, из которых *не менее 50 % зарубежных*) с оценкой их научной новизны и оригинальности. Результаты критического анализа и обобщения рекомендуется подтверждать сравнительными таблицами, графиками, рисунками. В статье также должны быть отражены дискуссионные (проблематичные) вопросы.

Допускается разбиение разделов «Методы исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Аналитическая часть» на несколько логически связанных подразделов.

4. 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: тип статьи (научная, обзорная, редакционная, дискуссионная, рецензия и т.п.), УДК (универсальная десятичная классификация), **на русском и английском языках** название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); ФИО авторов полностью (*не более трех*); место работы (название учреждения), электронный адрес авторов (без слова e-mail), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, содержать цель работы, методы исследования, основные положения и результаты исследования (излагаются основные результаты теоретических и/или экспериментальных исследований, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности), выводы с обоснованием научной новизны результатов. Аннотация может включать и другую информацию, уместную с точки зрения авторов, например, рекомендации по применению полученных результатов. Примерный объем аннотации **100–250 слов**.

5. 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).

6. Оформление рисунков и таблиц:

- а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте 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.

7. Оформление библиографии (списка источников):

Список литературы *оригинальных* исследовательских статей должен содержать **не менее 10 источников**, а *обзорных* аналитических статей **не менее 25 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. 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 для оригинальных исследовательских статей и не менее 50 % для обзорных аналитических статей.

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 источников:

Список источников

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. Грждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой опасности: 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.

8. Оформление раздела «Информация 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; ученую степень, ученое звание, почетное звание; адрес электронной почты; ORCID для каждого автора (<https://orcid.org/>).

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.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 614.8

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТОГО ПОЖАРА

✉ **Иванов Сергей Петрович.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ ***spi78@mail.ru***

Аннотация. 100–250 слов

Ключевые слова: 3–10 слов

Для цитирования: Иванов С.П. Метод оценки эффективности огнезащиты стальных конструкций на объектах нефтегазового комплекса в условиях открытого пожара // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 1 (61). С. 25–30. (ОФОРМЛЯЕТСЯ РЕДАКЦИЕЙ)

METHOD FOR ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES ON OBJECTS OF OIL AND GAS COMPLEX IN CONDITIONS OF OPEN FIRE

✉ Ivanov Sergey P. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia,
Saint-Petersburg, Russia
✉ spi78@mail.ru

Abstract.

Keywords:

For citation: Ivanov S.P. Method for estimation of the efficiency of fire protection of steel structures on objects of oil and gas complex in conditions of open fire // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere* = *Problems of risk management in the technosphere*. 2022. № 1 (61). P. 25–30.

Введение

Текст, текст, текст

Методы исследования

Текст, текст, текст

Результаты исследования и их обсуждение

Текст, текст, текст

Заключение

Текст, текст, текст

Список источников (не менее 10 источников)

References

Информация об авторах:

Иванов Сергей Петрович, заместитель начальника научно-исследовательского института Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: spi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

Information about the authors:

Ivanov Sergey P., deputy head of the Research institute of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky Ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: spi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8513>

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 10.01.2022;

принята к публикации: 11.02.2022

Article info: the article was submitted to the editorial office: 10.01.2022;

accepted for publication: 11.02.2022

**MONITORING AND EXPERTISE
IN SAFETY SYSTEM****№ 1–2023****The Editorial board**

Chairman – candidate of technical sciences, associate professor lieutenant general of internal service **Bogdan V. Gavkalyuk**, head of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

Co-chairman – doctor of science **Savic Branko**, director of the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia).

Deputy Chairman – doctor of technical sciences, associate professor **Olga A. Zybina**, deputy head of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia for research.

Deputy Chairman – doctor of science **Milisavlevich Branko**, Professor of the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia).

Members of the editorial council:

doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation **Vladimir N. Lozhkin**, professor of the department of fire and rescue equipment and automotive industry Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

doctor of chemistry sciences, professor **Grigory K. Ivakhnyuk**, professor of the department of fire safety of technological processes and production Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

doctor of technical sciences, professor **Sergey V. Sharapov**, professor of the department of criminalistics and engineering and technical expertise Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation **Ilya D. Cheshko**, leading researcher of the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

doctor of science **Babich Branko**, lecturer at the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia);

doctor of science **Karabasil Dragan**, professor of the Higher technical school of Novi Sad (Republic of Serbia);

doctor of science **Petrovich Gegich Anita**, professor of the Higher technical school of Novi Sad (Republic of Serbia);

doctor of sciences (PhD), professor **Agoston Restas**, head of the Department of fire prevention and emergency prevention, Institute for emergency management (Republic of Hungary);

doctor of technical sciences **Mrachkova Eva**, professor of the department of fire protection of the Technical university of Zvolen (Republic of Slovakia);

candidate of technical sciences colonel of the internal service **Yury S. Ivanov**, first deputy head of the scientific research institute of fire safety and emergency situations (Republic of Belarus).

Secretary to council:

major of the internal service **Polina A. Bolotova**, editor of the editorial department of the editorial department of the Center for the organization of scientific research and editorial activities Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

candidate of technical sciences **Natasha Subotic**, professor of the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia).

Editorial team

Chairman – major of the internal service **Irina V. Dmitrieva**, head of the Editorial Department of the Center for Organization of Research and Editorial Activities Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

Members of editorial team:

candidate of pedagogical sciences **Tatyana A. Kuzmina**, associate professor of the department of supervisory activities (responsible for the issue) Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

lieutenant colonel of the internal service **Sergei V. Ilitskiy**, lecturer at the department of fire Inspection Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

lieutenant colonel of the Internal Service **Alexander E. Gaidukevich**, senior researcher of the department of innovative and information technologies in the expertise of fire at the Research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life Safety Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

candidate of technical sciences, associate professor, colonel of the internal service **Yulia N. Belshina**, head of the department of criminalistics and engineering and technical expertise candidate of technical sciences, associate professor;

lieutenant colonel of the internal service **Alexander I. Bobrov**, deputy head of the department of civil defense, protection of population and territories (as part of the educational and scientific complex of civil defense, protection of population and territories) of Academy of State fire service of EMERCOM of Russia;

candidate of technical sciences, associate professor **Alexander A. Kuzmin**, associate professor of the department of mechanics of the Saint-Petersburg State technological institute (technological university);

doctor of technical sciences **Petra Tanovic**, professor of the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia);

doctor of sciences (PhD) **Hwayung Kim**, associate professor, department of fire safety, Kyungil university (Republic of Korea);

candidate of technical sciences **Oleg D. Navrotskiy**, head of the department of the Research institute of fire safety and emergency situations (Republic of Belarus).

Secretary to editorial team:

senior lieutenant of the internal service **Valeria V. Churilina**, editor of the editorial department of the prepress preparation of the editorial department of the center for the organization of research and editorial activities of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

CONTENST

SUPERVISORY ACTIVITIES

Chernousov I.Yu., Kuzmina T.A., Kondrashin A.V. Organization and features of the implementation of control (fire inspection) activities in the field of civil defense in 2023 ... 69

THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC ENQUIRY

Vorontsova A.A., Printseva M.Yu., Lobova S.F. Opportunities and trends in the development of the All-Russian spectral database on arson 74

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION

Shakhmatov V.A. Fire risk assessment of a building on the example of a student hostel ... 79

Sviridov E.V. Fire risk assessment at the food industry enterprise «Mukomol Povolzhya» . 85

SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Vinogradov V.N., Lugovoy A.A., Trunova A.V. Methodology of fire hazard analysis of production facilities 91

LIFE SAFETY

Turova M.A., Politaeva N.A. Investigation of the content of microplastic particles in the bottom sediments of lake Ladoga 97

Ivanova A.A. The importance of marking protective suits for the management of occupational safety processes in the workplace 105

Kuchishkin K.S. «Matrix of consequences and probabilities» as a method for assessing occupational risk 110

DIALOGUES WITH SPECIALISTS

Vorontsova A.A., Putintseva E.N., Lobova S.F. Analysis of information systems used in control centers in crisis situations during the organization and conduct of emergency rescue operations 115

Labinsky A.Yu. Analysis of the performance and noise immunity of the forecasting algorithm using the principle of self-organization 119

Full or partial copying, reproduction, multiplication or other using of materials publishing in magazine «Monitoring and expertise in safety system» without written editorial permission isn't allowed

Reviews and wishes send at the address: 196105; Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, 149, incorporate editors office of editorial department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, tel. (812) 645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Official website of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia: www.igps.ru

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, 2023

SUPERVISORY ACTIVITIES

Scientific article

UDK 351.861

ORGANIZATION AND PECULIARITIES OF THE IMPLEMENTATION OF CONTROL (FIRE INSPECTION) ACTIVITIES IN THE FIELD OF CIVIL DEFENSE IN 2023

Chernousov Ilya Yu.;

✉ **Kuzmina Tatyana A.;**

Kondrashin Alexey V.

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

✉ *kuzmina@igps.ru*

Abstract. The issues of organizing and implementing control (fire inspection) activities in 2023 were considered. The grounds and procedure for carrying out unscheduled control (fire inspection) activities were noted. The procedure for extending in automatic mode the deadline for the execution of the order to eliminate the identified violations is given. The issue mentioned is in the ambiguity of the interpretation of some provisions of the regulatory legal acts of the Russian Federation. A number of changes have been made to the list of control questions, the answers to which indicate compliance or non-compliance by the controlled person with the mandatory requirements in the exercise of federal state supervision in the field of civil defense. New approaches are noted as direction vectors for the implementation of control (surveillance) and preventive measures in the field of civil defense in the current year. The features of carrying out preventive measures as the main form of work of fire inspection authorities are noted. It was stated that the activities of officials of fire inspection bodies exercising federal state supervision in the field of civil defense are reoriented for the implementation of preventive measures.

Keywords: control (fire inspection) measures in the field of civil defense, cancellation of control (fire inspection) measures, preventive measures, checklist, preventive visit

For citation: Chernousov I.Yu., Kuzmina T.A., Kondrashin A.V. Organization and features of the implementation of control (fire inspection) activities in the field of civil defense in 2023 // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. S. 69–73.

Introduction

In order to reduce pressure on organizations, local governments and executive authorities, the Government of the Russian Federation extended for 2023 the restrictions established by the Decree of the Government of the Russian Federation dated March 10, 2022. №. 336 and supplemented this resolution with certain provisions [1–4]. The restrictions and special conditions imposed by the legislator have been extended until December 31, 2023, however, there are certain exceptions. Thus, the restrictions did not affect the possibility of conducting scheduled and unscheduled inspections of the implementation by federal executive authorities of powers in the field of civil defense (CD).

The implementation of the task assigned by the Government of the Russian Federation to the bodies exercising supervision in the field of civil defense will be achieved through the implementation of preventive measures in relation to controlled persons.

Grounds and procedure for conducting unscheduled control (fire inspection) activities

The Government of the Russian Federation has determined the grounds for and procedure for conducting unscheduled control (fire inspection) activities in 2023. The grounds are subdivided into two types, the first of which requires coordination with the prosecutor's office, and the second without it, respectively. For example, for an unscheduled on-site inspection in relation to the organization, the basis for which is the expiration of the period for the execution of the order to eliminate the identified violations of the mandatory requirements in the field of civil defense, coordination with the prosecutor's office is required. At the same time, the violations, the elimination of which is subject to verification, must pose a direct threat of causing harm to life and serious harm to the health of citizens, the defense of the country and the security of the state, the occurrence of natural and man-made emergencies, and their (violations), if the assessment of such is not possible on the basis of documents and other information available in the Main Directorate of the EMERCOM of Russia for the constituent entity of the Russian Federation. In fact, the criteria that pose a direct threat will be determined by the prosecutor's office of the relevant subject of the Russian Federation, since such concepts are not legally fixed, and the reliability of the information (documentation) available in the control (fire inspection) body can be distorted and far from reality.

When preparing for the approval process of an unscheduled control (fire inspection) measure, it is necessary to request from the controlled person information on the execution of a previously issued order to eliminate identified violations of mandatory requirements in the field of civil defense. After receiving the requested information, the official responsible for this direction evaluates their fulfillment and, in case of confirmation of non-fulfillment of the order, prepares a reasoned presentation. In this case, the person who prepares a reasoned presentation to a superior officer bears the burden of responsibility for disclosing the characteristics of those violations that may pose a direct threat to life, health, national defense, and state security. When disclosing such characteristics, special attention should be paid to the main provisions of the regulatory legal acts of the Russian Federation that establish the foundations of security, as well as the actions or inaction of controlled persons in case of non-compliance with the requirements in the field of civil defense, which can lead to an immediate threat. If the head of the fire inspection authority agrees with a reasoned submission, an application is sent to the prosecutor's office for approval of an unscheduled control (fire inspection) event, while all documents collected in the course of preparation for this event are attached to the application.

A similar procedure for preparation and approval is provided for unscheduled on-site inspections in relation to the executive bodies of the constituent entities of the Russian Federation and local governments for the exercise of powers in the field of civil defense.

Automatic extension of the order execution period on the elimination of identified violations

Possibility of automatic extension of the term for elimination of the violation specified in the prescription, as in 2022, remains and applies to those violations that are still not eliminated. Automatic extension of the period for elimination consists in extending the period for elimination of violations by 90 calendar days without petitions or statements from the object of supervision from the date of the period for eliminating the identified violation. It is recommended that, when the deadline for the elimination of the violation comes, to make a request to the controlled person about the implementation of violations with an explanation of the right to send a petition for the completion of the execution of the order, the deferral of execution or the resolution of issues related to the execution of the order. So, in the case of submission of a petition and documents confirming the implementation of violations, the official who issued the order is obliged, in accordance with Art. 94 FZ [1] to consider it and make an appropriate decision.

The question of whether a prescription can be renewed automatically on the elimination of identified violations in the exercise of powers in the field of civil defense issued to the executive bodies of the constituent entities of the Russian Federation and local governments, the legislator has

not disclosed and requires an appropriate explanation, since these instructions were issued in accordance with the Federal Law of October 6, 2003 № 131-FZ [5]. At the same time, the Main Directorate of the EMERCOM of Russia for the subject of the Russian Federation has the right to apply to the appropriate prosecutor's office for clarification on this issue.

In case of failure to comply with the order to eliminate violations after the automatic extension, the controlled person has the right to send a petition (application) for an additional extension of the period for fulfilling the order to the relevant Main Directorate of the EMERCOM of Russia, but no later than the penultimate day of the period extended in automatic mode. The term for consideration of an application or application is five working days. At the same time, the maximum period for delaying the execution of an order is fixed in paragraph 1 of Art. 93 FZ [1] and is one year.

Thus, in 2023 there is uncertainty with the implementation of the instructions extended in 2022, consisting in the absence of a legislatively fixed norm on the repeated extension of the term for the execution of unfulfilled violations in the field of civil defense.

On the one hand, the official must extend the deadline for fulfilling the order to eliminate violations, and on the other hand, such an obligation has already been fulfilled in 2022.

Much fewer questions arise during work aimed at harmonizing with the prosecutor's office of the relevant subject of the Russian Federation «when indicators of the risk of violation of mandatory requirements are identified» [6]. The lack of information from the fire inspection authority about the protective structures of the civil defense of the controlled person, who has deregistered the protective structure of the civil defense, already speaks of an alleged violation, but does not directly indicate this. Information on these indicator parameters must be requested from the subdivision of the Main Directorate of the EMERCOM of Russia for the constituent entity of the Russian Federation, whose authority includes the task of preparing documentation for deregistration (change of type) of protective structures of civil defense. When preparing and submitting an application for approval of an unscheduled control (fire inspection) activity, it is necessary to take into account the grounds for refusing approval, since only such grounds can prevent the implementation of an unscheduled activity. At the same time, for successful coordination, it is necessary to follow the procedure established by the order of the Prosecutor General's Office of Russia dated June 2, 2021 № 294 [7].

Preventive measures as the main form of work oversight bodies

The legislator, introducing a moratorium on the implementation of control (fire inspection) measures and inspections, simultaneously makes it clear to all participants in the relationship that now the main vector of the work of fire inspection authorities is aimed at carrying out preventive measures [4]. At the same time, the Rules [3] do not provide for any preventive work at all, and how it will be carried out in this state supervision is also not established. The issue of carrying out preventive work must be resolved at the level of the constituent entity of the Russian Federation by sending an appropriate request to the prosecutor's office of the constituent entity of the Russian Federation. When resolving this issue, as well as when resolving the issue of coordinating an unscheduled control (fire inspection) measure, everything depends on bringing the correct and justified position of the relevant Main Department of the EMERCOM of Russia to the prosecutor's office.

As for federal state supervision in the field of civil defense, here with preventive measures, things are much better. An exhaustive list of preventive measures is defined here. Of course, preventive visits, consultations and announcements of warnings become the main and most effective of these events in 2023. The results and information about the visits carried out and the warnings announced, of course, should be reflected in the Unified Register of Control (Surveillance) Measures (ERKNM).

The implementation of a remote method of conducting preventive visits opens up the opportunity for authorized officials of the Main Department of EMERCOM of Russia to group similar objects of supervision and hold an extended online conference.

The notification of the controlled person about the mandatory preventive visit must contain the following information:

- references to the provisions of the Federal Law [1] and Regulations [2], in accordance with which the person is notified;
- clarification of the methods of conducting a visit (at the place of business or remotely);
- approximate content of the visit;
- clarification of the rights of a controlled person to refuse a visit;
- date and time of the visit, as well as the date by which it is necessary to notify the control body of the refusal or consent to the visit;
- a mark on the placement of information in the ERKNM with an indication of the account number and a QR code that provides a transition to a page on the Internet.

As part of preventive visits, consultations and warnings may be issued.

The content of the preventive visit is recorded in the registration card, the standard form of which was approved by the order of the EMERCOM of Russia dated October 25, 2021 № 726 [8], and the records of the cards are reflected in the register of preventive visits. In addition to the approved information, additional information about the placement of a preventive measure in the ERKNM with the corresponding QR code is entered into the card.

Consulting is carried out by an official in the course of preventive or control (fire inspection) measures.

The consultation questions that a fire inspection officer can provide answers to are limited to certain topics.

A preventive measure such as issuing a warning to a controlled person by a fire inspection authority today already has practical application and a certain result. However, in practice it is often officials of fire inspection authorities have questions. The provisions of the regulatory legal acts of the Russian Federation give the fire inspection authorities a certain opportunity to announce a warning to a controlled person both when carrying out preventive measures (preventive visits and consultations) and when working with complaints and appeals [8–9]. Information about the issuance of a warning to a controlled person is entered into the ERKNM with the assignment of a QR code.

On March 1, 2022, a new checklist came into effect [10].

The main changes in the new form in comparison with the previous one are:

- obligatory presence of a mark on placement in the ERKNM with the corresponding QR code;
- an increase in the amount of information that needs to be filled in about the control (fire inspection) measure and about the person being checked;
 - change in the answers to the questions – instead of one column with the expected answers «yes, no or not applicable», four separate columns appeared with the wording «yes, no, not applicable, note»;
 - the presence at the end of the checklist of the indication of the positions of the persons who carried out the control (fire inspection) measure and filled out the checklist;
 - increase in the number of control questions from 111 to 119;
 - indication of the current details of regulatory legal acts.

Conclusion

Based on the foregoing, new approaches and direction vectors for the implementation of control (fire inspection) and preventive measures are determined. It is worth noting that the prohibitions and restrictions did not affect the supervision of the implementation by federal executive authorities of powers in the field of civil defense. The activities of officials of fire inspection bodies exercising federal state supervision in the field of civil defense have been reoriented and aimed at the implementation of preventive measures.

References

1. On state control (supervision) and municipal control in the Russian Federation: Feder. law Ros. Federation dated July 31, 2020 № 248-FZ. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

2. On federal state supervision in the field of civil defense: Decree of the Government of Ros. Federation of June 25, 2021 № 1007. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

3. On state supervision over the implementation by public authorities and local authorities of powers in the field of civil defense: Decree of the Government Ros. Federation of June 9, 2022 № 1052. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

4. On the features of the organization and implementation of state control (supervision), municipal control: Decree of the Government of Ros. Federation of March 10, 2020 № 336. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

5. On the general principles of the organization of local self-government in the Russian Federation: Feder. law Ros. Federation of 6 Oct. 2003 № 131-FZ. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

6. Approval of the indicator of the risk of violation of mandatory requirements in the implementation of federal state supervision in the field of civil defense: order of the EMERCOM of Russia dated 26 October. 2021 № 730. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

7. On the implementation of the Federal Law of July 31, 2020 № 248 «On State Control (Supervision) and Municipal Control in the Russian Federation»: Order of the Prosecutor General's Office of the Russian Federation of June 2, 2020 № 294. Access from the information and legal portal «Consultant Plus».

8. On the approval of the forms of documents used in the implementation of federal state supervision in the field of civil defense: order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 25 October. 2021 № 726. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

9. On the standard forms of documents used by the control (fire inspection) body: Order of the Ministry of Economic Development of March 31, 2021 № 151. Access from the ConsultantPlus information and legal portal.

10. On approval of the form of a checklist (a list of checklists, the answers to which indicate compliance or non-compliance by a controlled person with mandatory requirements) used in the exercise of federal state supervision in the field of civil defense: order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated February 4. 2022 № 61. Access from the information and legal portal «ConsultantPlus».

Information about the article: the article has been submitted to the editor: 17.02.2023;
accepted for publication: 21.02.2023

Information about the authors:

Chernousov Ilya Yu., master student of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149)

Kuzmina Tatyana A., associate professor, department of fire inspection activities, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of pedagogical sciences, e-mail: kuzmina@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3573-785X>

Kondrashin Alexey V., head of department of fire inspection activities Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor

THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC EXAMINATION

Scientific article
UDK 614.841.249

OPPORTUNITIES AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE ALL-RUSSIAN SPECTRAL DATABASE ON ARCOUNTS

✉ Vorontsova Anna A.;

Princeva Maria Yu.;

Lobova Sofia F.

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

✉ annavorontsova@msn.com

Abstract. The stages of work with the All-Russian database on fluorescence spectra created at the Research Center for Expertise of Fires are described, the possibilities are shown her improvements. An improved logical database structure has been developed to store large amounts of information and to quickly search and identify fluorescence spectra obtained from flammable liquids produced in different regions of the Russian Federation. The accuracy of determining the maximum values of fluorescence intensity has been improved with the ability to vary it within acceptable limits. The stages of database implementation are described in the work of forensic institutions of the federal fire service EMERCOM of Russia.

Keywords: arson, database, combustible liquids, fluorescence spectra, fire-technical expertise

For citation: Vorontsova A.A., Printseva M.Yu., Lobova S.F. Opportunities and trends in the development of the All-Russian spectral database on arson // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. C. 74–78.

The number of fires caused by arson remains consistently high today. According to statistics, in Russia in 2020, 8,758 fires occurred for this reason [1]. The wide variety and wide distribution in everyday life of various flammable and combustible liquids (flammable liquids, FL) used by arsonists to commit crimes necessitates the creation of an All-Russian database on fluorescence spectra when detecting and studying arson.

The All-Russian Database of Fluorescence Spectra of Combustible Liquids [2–3] was created to store and systematize data provided from various regions of the Russian Federation. The use of such data significantly speeds up and simplifies the conduct of fire-technical examinations in cases of arson with the use of flammable liquids and their mixtures. The All-Russian Spectral Database of Arson Means is currently used by experts of forensic institutions of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (SEU FPS EMERCOM of Russia). During the creation of the spectral database, a logical structure was developed to store large amounts of information and to quickly search and identify fluorescence spectra obtained from unknown igniters. The database contains digitized fluorescence spectra of combustible liquids, both original and burnt, in a volume sufficient to identify samples of unknown combustible liquids seized from the arson site. The fluorescence spectra in the database are presented in the form of digital invariants, which ensures the search, processing and identification of materials using software tools. Fluorescence spectra are digitized using the spectrometer program and are additionally processed by the database management system data in order to reduce the digital invariant in information storage units. Database Management System Rounds Fluorescence Intensity Values to decimal values and determines the characteristic numbers of the spectrum – the maximum values of the fluorescence intensity for the test substance. The accuracy of determining the maximum values of the fluorescence intensity is determined by the user at his own discretion.

These operations are necessary to optimize the search time for similar invariants and form expert conclusions for an unknown substance. Additionally, the database management system generates an analytical report containing the results with the areas found on the spectrum of the test sample and fluorescence maxima of different groups of aromatic hydrocarbons (Fig. 1):

- monocyclic aromatic hydrocarbons (MAH) 270–300 nm – benzene homologues;
- bicyclic aromatic hydrocarbons (BAH) 300–330 nm – diphenyl and naphthalene groups;
- tricyclic aromatic hydrocarbons (TAH) 330–370 nm – phenanthrene groups;
- polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) 370–390, 390–410, 410–430 nm – groups of anthracene, pyrene, etc.

Thus, the structure and content of the database on flammable liquids (arson products) provide for the storage and processing of the following materials:

- 1) digitized fluorescence spectra of combustible liquids and their burnt-out invariants;
- 2) maximum values of the intensity of the fluorescence spectra of combustible liquids;
- 3) information about the manufacturer of the combustible liquid and the degree of burnout.

On Fig. 1 and 2 show the interface of a program that searches for information in the spectral database.

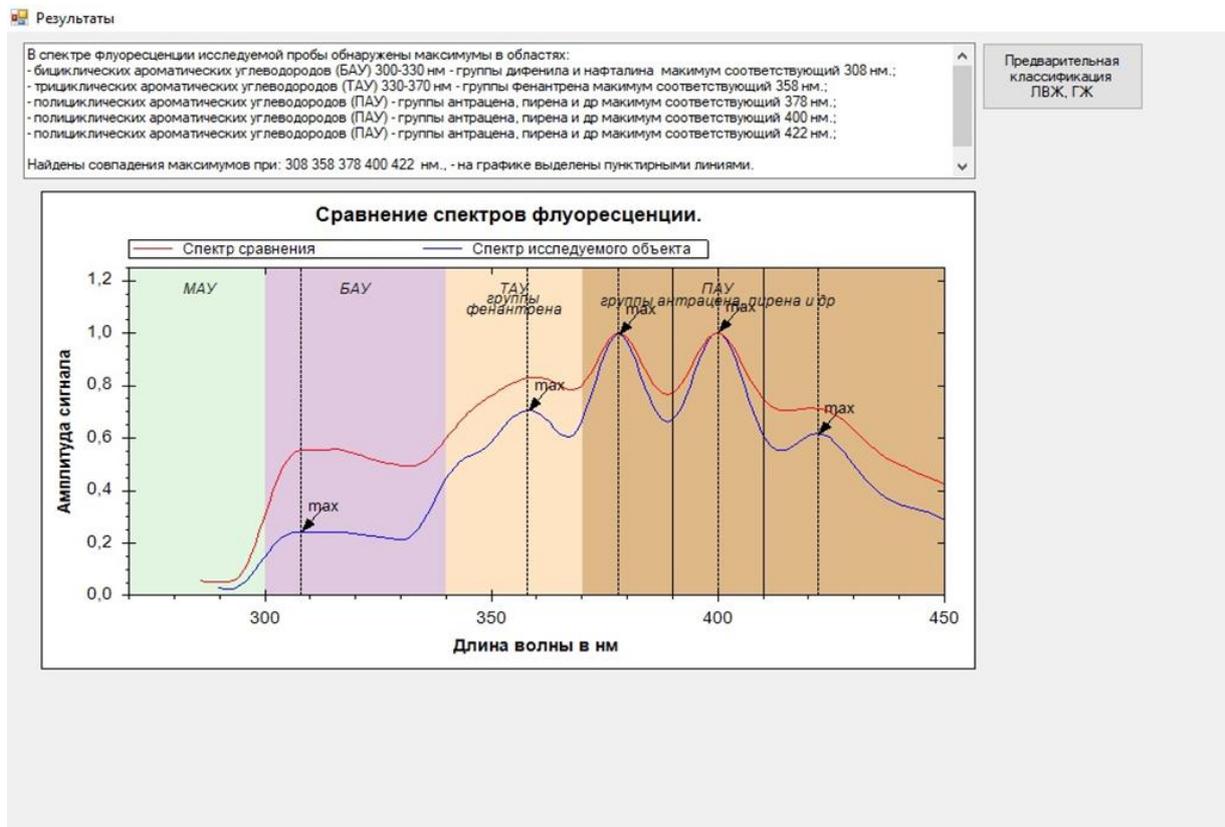


Fig. 1. Graphical representation of the comparison of fluorescence spectra in the search program for the database of fluorescence spectra

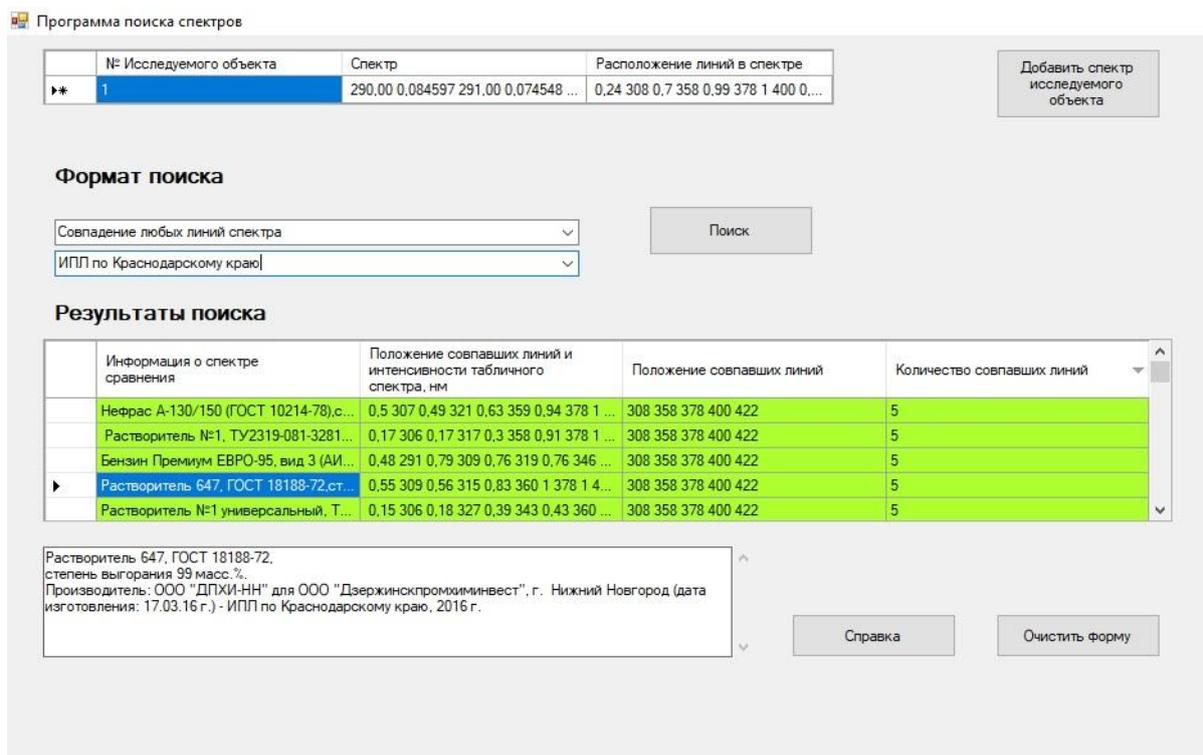


Fig. 2. Window of the search program for the database of fluorescence spectra

To identify the fluorescence spectrum obtained from an unknown substance, it is enough to load its digitized invariant into the program, for this you need to click on the «Add spectrum of the object under study» button (Fig. 2) with the left mouse button, then select search formats and start searching the database.

As a result, the search program will give the result of the comparison and comments, which the expert can use in the future in his conclusions when writing a conclusion.

To date, the spectral database contains more than 4 000 fluorescence spectra of the original and with different degree of burnout of combustible liquids produced in various regions of the Russian Federation. As the database is filled with fluorescence spectra, the employees of the Fire Expertise Center annually form an updated database.

On Fig. 3 shows a table for storing fluorescence spectra and information about them.

| A | B | C | D |
|----|---|---|--|
| id | text | information | index |
| 1 | Оцифрованный спектр | Информация о спектре | Характеристические числа спектра |
| 4 | 265,00 0,149663 266,00 0,129787 267,00 0,118498 268,00 0,128029 269,00 0,166385 270,00 0,236962 271,00 0,338452 | Бензин автомобильный неэтилированный марки нормаль 80 класс 4 (ГОСТ Р 51105-97 с изменением 1-4) завод изготовитель ООО "Лукойл - Волгонефтепродукт" (Нижегородская область, Кстовский район, пос. Дружный)-ИПП Нижегородской обл., 2010 г. | 0,98 309 1 321 0,1 402 0,637 288 0,155 380 |
| 10 | 265,00 0,134035 266,00 0,165509 267,00 0,209408 268,00 0,283933 269,00 0,389530 270,00 0,528857 271,00 0,693826 | Бензин автомобильный неэтилированный с улучшенными экологическими свойствами (городской) марки АИ-80 (ТУ 38.401-58-171-96 с изм.1-7) завод изготовитель ОАО "Московский нефтеперерабатывающий завод" (г. Москва, Капотня, 2, квартал, д.1/3)-ИПП Нижегородской обл., 2010 г. | 0,97 292 1 304 0,08 402 0,85 320 0,11 380 |

Fig. 3. Table for storing digitized fluorescence spectra and information about them

Electronic spectrum database on arson tools and manual for working with it are located on the official website of the Research Center for Fire Expertise. A registered expert of the Fire Testing Laboratory of EMERCOM of Russia has access to the distribution package of the control system program and to the database.

In the future, it is planned to program the control system, which makes it possible to analyze and identify fluorescence spectra obtained in the course of performing fire and technical examinations in cases of arson using Internet technologies. To perform the task, you need a database management system with remote access via the Internet through any web browser. This means that the database will be locally stored on the server of the Research Center for Fire Expertise, to which experts of the Fire Testing Laboratories will be allowed access from various computers on the Internet. In this connection, it is supposed to completely reprogram the database management system in the form of a web application in the C# language [4–6] using ASP technology. NET (Active Server Pages for NET) [7], which will remove the dependence of the functions of executable programs on the operating system and will allow access to the database from various gadgets such as mobile phones and tablets. The web application architecture has already been developed and consists from the server and client parts, taking into account the «client-server» technology. The user interface (client part of the web application) is developed taking into account the wishes of users of the spectral database, is intuitive and is made taking into account advanced visualization concepts. The main task of the client side is to download and processing the fluorescence spectrum of the combustible liquid into a form suitable for querying a server storing the database and visualizing the search results, and generating and rendering the output. The database management system (server part of the web application), upon receiving a request from the client, searches for an analogue and sends the found data back to the client part of the web application, whose algorithms process the received data and display them on the user's screen using a graphic library. The key point in the implementation of this project is the use of Ajax technology, which will allow you not to reload pages web applications, but only downloading search results from the server, which will significantly speed up the system as a whole and increase its performance.

In addition, it is planned to develop and program an algorithm for determining the approximate degree of burnout of the identified combustible liquid by comparison with reference samples of varying degrees of burnout. This innovation will help fire and technical experts in the formulation of the final conclusion on the duration of burning of the sample removed from the scene. To accomplish this task, it is necessary to reprogram the algorithm for analyzing the fluorescence spectrum, increase the demonstration graphical capabilities of the information output program by overlaying several fluorescence spectra of varying degrees of burnout on one picture. To this end, it will be necessary to reprogram the graphic library of the database management system. It is also planned to increase the capabilities of the event row of an already implemented object-oriented system, for example, by one click by the first cell of any row in the «Search results» table, display in the «Results of comparison of fluorescence spectra» graphic field the fluorescence spectra of the reference combustible liquid, different degrees of burnout and the fluorescence spectrum of the sample under study. The purpose of introducing the above innovations is to speed up the time for conducting examinations in cases of arson using flammable and combustible liquids, to improve the quality of graphic visualization of the expert's conclusions and to expand the boundaries of interpretation of the existing experiment.

An important task is to expand the database of fluorescence spectra of the studied combustible liquids, for this it is planned to replenish the database with the spectra of mixtures of various combustion initiators, often used in arson. The necessary analytical work has been carried out at the Research Center for Fire Expertise since 2010. Experts from Fire Testing Laboratories located in various regions of the Russian Federation provide reports on the creation of regional spectral databases for study and analysis. Such work makes it possible not only to expand the database of fluorescence spectra with new combustion initiators, but also with their mixtures, since igniters use a wide variety of mixtures of flammable liquids and liquid liquids. Such

data supplements the educational and methodological support of the work of the employees of the SEU FPS EMERCOM of Russia.

Every year, the Department of Supervisory Activities and Preventive Work of the Ministry of EMERCOM of Russia plans for the EMS of the FPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia research work to form and replenish the spectral database on potential arson tools available in retail chains in various regions of the Russian Federation. Based on the results of such work, the All-Russian database of spectral data is annually replenished.

By means of arson. The Fire Expertise Research Center annually conducts training for experts in the specialization «Detection and classification of combustion initiators in the study of objects of forensic fire and technical expertise», the training program includes, among other things, training in the methodology of work with a spectral database, thereby expanding the introduction of the database into the work of the EMS of the FPS EMERCOM of Russia.

References

1. Fires and fire safety in 2020 / P.V. Polekhin [at el.]: stat. sat. M.: VNIPO EMERCOM ave., of Russia, 2021. 112 p.
2. I. D. Cheshko, A. A. Vorontsova, and M. Yu. Computer database of fluorescence spectra of petroleum products and its use in forensic fire-technical expertise // Problems of risk management in the technosphere. 2014. № 1. P. 59–67.
3. Cheshko I.D., Printseva M.Yu., Yatsenko L.A. Electronic database of chromatographic and spectral data on combustible liquids (arson agents) // Surveillance activities and forensic expertise in the security system. 2015. № 2. P. 12–19.
4. Microsoft's Interactive Step-by-Step Guide to Developing ASP.NET Applications. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/tutorials> (accessed: 02.12.2023).
5. Brian Kernighan, Dennis Ritchie Programming language S. M.: Williams, 2019. 288 p.
6. Paul Dubois. MySQL: A collection of recipes. SPb.: Symbol-Plus. 2004. 1058 p.
7. Adam Freeman. A.S.P. NET Core MVC 2 with C# examples for professionals. SPb.: Dialectics. 2019. 1010 p.

Information about the article: the article was received by the editors: 12.12.2022;
accepted for publication: 20.12.2022

Information about the authors:

Vorontsova Anna A., associate professor of department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of physical and mathematical sciences, e-mail: annavorontsova@msn.com

Princeva Maria Yu., deputy head of department of instrumental methods and technical means of examination of fires of Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor

Lobova Sofia F., senior researcher of department of innovative and information technologies in the expertise of fires of Saint-Petersburg university of State fire service EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ficentre@igps.ru

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING

Scientific article

UDK 614.84

FIRE RISK ASSESSMENT OF A BUILDING ON THE EXAMPLE OF A STUDENT HOSTEL

Shakhmatov Valery A.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

shahmatov.va@edu.spbstu.ru

Abstract. The article is devoted to fire risk assessment using the simulation method. Using the «Fenix +3» software tool, an object model was built, an emergency was simulated, and calculated values of indicators that determine the evacuation time, temperature, visibility and other fire hazards, as well as the value of individual fire risk were obtained. The risk value obtained in the simulation was compared with the normative value and conclusions were drawn about the safety of the object under study. A positive modeling effect has been identified in fire risk assessment.

Keywords: fire risk, «Fenix +3», modelling, fire factors, risk assessment

For citation: Shakhmatov V.A. Fire risk assessment of a building on the example of a student hostel // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. C. 79–84.

Introduction

The assessment of the fire risk of buildings and structures of various functional purposes is an urgent task in the field of ensuring fire safety. Each building or structure has its own resource, during the exhaustion of which its safety is reduced. By assessing the fire risk, it can be concluded whether the building is fire safe for people, and whether the fire safety measures taken in this building are sufficient. During the construction of new buildings and structures, as well as after a major overhaul, a fire risk assessment is a mandatory measure for the admission of these buildings to operation.

With the development of new technologies, the fire risk assessment process is increasingly carried out using software systems that allow building a model of the object being assessed and simulating various scenarios for the development of a fire, taking into account the fire safety technical means used at this object.

Chinese engineers have proposed a fire risk assessment system based on the scoring system used in the banking and insurance industries. The essence of this system is to determine the factors affecting the possibility of a fire, and assigning these factors a value in points depending on from their influence. After assessing each of the factors, the scores obtained are summed up and, based on the result, the fire risk is assessed [1].

Also in China, a method for assessing fire risk for large-scale commercial buildings has been developed, which is based on the entropy weight of structures method. The basis of this method of assessment lies in the definition of indices for assessing the risks of fire occurrence, and using the method of weighting the entropy of structures, the assignment of a weight to each index is determined. The method was tested on large-scale buildings and showed good results [2].

Italian scientists have developed a method for assessing fire risk called «FLAME», based on the use of a «tree of fire safety concepts». This method allows you to separate the risk assessment for residents and risk for the building [3].

Based on the FRAME fire risk assessment method [4], a system of indices and a mathematical model were created, which in turn were used in Building Information Modeling (BIM) technology. This development provides an opportunity to assess the fire risk even at the design stage of an object [5].

The company «Modern Software Technologies» has developed a software product «Fenix +3», which allows you to create a simulation model of a building in your own graphic editor and carry out experimental actions with it. This program calculates fire risks based on the formulas and standard values presented in the methodology approved by the order of the Russian Emergencies Ministry dated June 30, 2009 № 382 [6]. In «Fenix +3» the development of fire dynamics is carried out using an integrated into the program of the FDS (Fire Dynamic Simulator) approach, which provides a realistic and accurate description of any fire propagation [7]. The simulation of the evacuation of people takes place according to an individual flow model, in which the possibility of collision of models of people with each other is excluded.

The purpose of this work is to assess the fire risk and calculate the value of the individual fire risk of the hostel building using the «Fenix +3» software package, and, if necessary, propose measures to reduce this indicator.

The novelty of this work lies in the fact that the fire risk of this object was assessed without the use of simulation modeling.

Methods

In Russia, fire risk assessment is based on six points, according to which the calculation procedure is drawn up and the direct values of risks are calculated. First you need to analyze the fire hazard of the building. For this, the characteristics of combustible substances present in the building are considered, namely their type, number and location. Then the information is studied about the possible number and location of people in the building or structure; the space-planning solution is taken into account, namely the floor plans of a building or structure; information about the fire extinguishing and fire alarm system (including automatic fire extinguishing installation – AUP); information about the smoke protection system; characteristics of the fire warning system and management of their evacuation (SOUE). Based on these data, a direct analysis of the fire hazard of a building or structure is carried out, taking into account the possible dynamics of the development of a fire and the possible consequences for people and for the building itself.

After analyzing the fire hazard, it is necessary to determine the frequency of occurrence of fire hazard situations (that is, the frequency of a fire in a building per year, which in turn determined by statistical data).

The next step is to build the fields of hazardous fire factors (HFF). To do this, a building model is built in Fenix +3, a scenario or scenarios for the development of a fire is formulated, which can lead to the worst consequences for people. To do this, the location of the fire source is selected, the computational area and environmental parameters are set. After creating a mathematical model, modeling the dynamics of fire development and evacuation, constructing the BPF fields and calculating the probability of people evacuating, the individual fire risk is directly calculated taking into account the coefficients determined by the presence of building fire safety systems.

After calculating the value, conclusions are drawn about the safety of the object and, if necessary, measures are proposed to reduce it.

Research results and their analysis

The hostel building was built in 1932 and has five floors. Structural elements of the building, namely load-bearing walls, internal partitions, floors, landings and marches are made of non-combustible materials. The gable roof is made of metal profiles. The class of constructive fire hazard (KPO) of the object under consideration is C1. The degree of fire resistance of the building is the second.

Functional fire hazard class (FPO), determined by the features of the operation of the building and its purpose – F 1.2. The object of protection is a building intended for human habitation, therefore, the time of operation of the object is 24 hours, and the probability of the presence of people is equal to one. The maximum possible number of people who can be in the building at a time is more than 350 people. In table 1 presents a brief description of the object.

Table 1

Brief description of the object

| Property of the protected object | Meaning |
|---|----------------------------|
| FPO class | Ф 1.2 |
| Acreage | 5 665 м ² |
| Floor height | 2,7 м |
| Heating | central |
| Security and fire alarm | round the clock monitoring |
| Smoke detector | 184. |
| SOUE | type 3 |
| Smoke protection system | absent |
| Working mode | 24 h |
| The maximum possible number of people in the building | 350 people |
| AUP | absent |

The fire load in the premises of residential buildings, according to the Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, ranges from 20 to 50 kg/m² [8]. Fire load in dorm rooms averages 24 kg/m².

To assess the fire risk of the object under consideration, its model was built in the «Fenix +3» program. Using the «substrate» function, technical floor plans were imported into the construction environment, after which, using tools for direct construction, a simulation model of the hostel building was created, on which a fire situation was subsequently simulated according to various scenarios. The 3D model of the object is shown in the figure.



Fig. Dormitory 3D model

To calculate the value of an individual fire risk, it is necessary to know the frequency of fire occurrence during the year, which in this case is equal to $4 \cdot 10^{-2}$ since there are no statistical data, and according to Order № 382, in the absence of statistical data, the above value can be used in the calculation [8].

To calculate the fire risk, it is necessary to consider such scenarios for the development of a fire under which the conditions for the safety of people will be the worst. Such conditions are characterized by the most difficult evacuation routes and the highest rate of spread of OFP. Thus, three scenarios of a fire situation were considered, the description of which is presented in Table 2.

Table 2

Description of fire development scenarios

| № script | Location of the fire | Fire seat parameters. Material |
|----------|---|--------------------------------|
| 1 | 1 floor. Near the emergency exit. In the linen room | furniture + fabrics |
| 2 | 2nd floor. Opposite the exit to the landing. In the kitchen area | furniture + cable |
| 3 | 3rd floor. Living room | furniture + paper |

The next step in the work, after defining the scenarios of a fire situation and creating a fire seat, was to simulate a fire situation according to the formulated based on the methodology of the mathematical model. As a result of the simulation, the fields of fire hazards were built, and the values of the time for the fire hazards to reach critical values were obtained, which are presented in Table 3.

Table 3

Time to reach critical RPP values

| RPP | Time, sec | | |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Script 1 | Script 2 | Script 3 |
| Visibility | 292 | 298 | 302 |
| t^0 | 308 | 403 | 335 |
| HCl | not blocked | not blocked | not blocked |
| CO | 502 | 561 | 557 |
| CO ₂ | not blocked | not blocked | not blocked |
| Concentration O ₂ | 351 | 304 | 397 |

The stage of determining the time of evacuation and the probability of evacuation is the final one before proceeding to the direct calculation of the value of the individual fire risk. At this stage, the maximum possible number of people able to be in the building at a time was placed in the built object model, after which the «Fenix +3» program simulated evacuation for each of the scenarios considered in the work and obtained the values of the evacuation probability, which are presented in Table 4.

Table 4

Probability of evacuation

| № Script | Evacuation start time, sec | Total evacuation time, sec | Probability of evacuation |
|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 120 | 226 | 0,999 |
| 2 | 120 | 236 | 0,999 |
| 3 | 120 | 223 | 0,999 |

The final step in the fire risk assessment is the calculation of the individual fire risk value, which is also calculated in the Fenix +3 program. The calculation results are presented in Table 5.

Calculation of individual fire risk

| № Script | Frequency of fire occurrence, year ⁻¹ | AUP compliance coefficient | Probability of presence of people | Probability of evacuation | PP Compliance Factor | Individual risk |
|----------|--|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |
| 2 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |
| 3 | $4 \cdot 10^{-2}$ | 0,9 | 1 | 0,999 | 0,87 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ |

According to these values, the longest time people need for evacuation (estimated evacuation time) from the hostel, is presented in scenario № 2 and equal to 236 s. But this time does not exceed the value of the time during which RPP reach their critical values.

In reality, the value of the evacuation time can be either more or less than the calculated one, depending on how efficient the fire warning system is. In addition, the value of this time can be affected by the human factor, expressed in the manifestation of panic caused by a fire [9].

According to the first paragraph of Article 79 of the Federal Law № 123, the value of an individual fire risk should not exceed one millionth per year, provided that at least one person in the building for which the fire risk assessment is being carried out is located at the point furthest from the evacuation exit [10]. Given this, the risk value that was obtained in the course of modeling and calculations does not exceed the standard, therefore all required technical measures aimed at protecting people in case of fire are carried out at the facility.

Conclusion

There are measures to ensure the fire safety of the protected object, the implementation of which can lead to a decrease in the magnitude of the individual fire risk. The implementation of these measures is necessary if the numerical value of the individual fire risk exceeds the permissible value. In this work, the risk value does not exceed the permissible value, but there may be a need in the reconstruction of the building or changes in its space-planning solution, in which case it will be necessary to re-evaluate the fire risk. This can also be done using the «Fenix +3» software package, you just have to edit the building model. This is the advantage of simulation modeling, in addition, in the software package, it is possible to eliminate errors in the calculation of the required values that a person can make when calculating independently. The advantage is also that you can simulate fire scenarios quickly and many times, and manual calculation will take much more time.

References:

1. Chun Kit Lau et al. Fire risk assessment with scoring system, using the support vector machine approach // *Fire Safety Journal*. 2015. Vol. 78. P. 188–195.
2. Fire risk assessment for large-scale commercial buildings based on structure entropy weight method / Fang Liu [et al.] // *Safety Science*. 2017. Vol. 94. P. 26–40.
3. Danzi, E., Fiorentini. FLAME: A Parametric Fire Risk Assessment Method Supporting Performance Based Approaches // *Fire Technology*. 2021. № 57. P. 721–765.
4. Shigang Guo. Fire Risk Assessment for Commercial Buildings Based on FRAME Method // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 223. P. 277–280.
5. Luqi Wang, Wenxian Li. Fire risk assessment for building operation and maintenance based on BIM technology // *Building and Environment*. 2021. Vol. 205. P. 34–42.
6. On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard: order of the EMERCOM of Russia dated June 30, 2009 № 382 // *Ros. gas*. 2009. Aug 28. № 161.

7. Tzani M., Besharat J. Virtual Reality Fire Environment based on Fire Dynamic Simulator: 34th International Conference on Information Technologies. 2020. P. 17–25.
8. Terebnev V.V., Podgrushny A.V. Fire tactics. Basics of firefighting. M.: Acad. GPS EMERCOM of Russia, 2012.
9. Psychological features of human behavior in case of fire // All for fire safety. URL: <https://www.2pb.ru/fire-safety/methodical-recommendations/training-in-the-fire-safety/110psikhologicheskie-osobennosti-povedeniya-cheloveka-pri-pozhare> (date of access: 12.13.2022).
10. Technical regulations on fire safety requirements: Feder. law Ros. Federation of July 22, 2008 № 123-FZ // Collected. legislation Ros. Federation, July 28, 2008 № 30. Art. 3579.

Information about the article: the article was received by the editors: 12.12.2022;
accepted for publication: 12.20.2022

Information about the authors:

Shakhmatov Valery A., first-year master's student at Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnikeskaya st., 29),
e-mail: shahmatov.va@edu.spbstu.ru

Scientific article

UDK 614.8

FIRE RISK ASSESSMENT AT THE FOOD INDUSTRY ENTERPRISE «MUKOMOL POVOLZHYA»

Sviridov Evgeny V.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

sviridov.ev@edu.spbstu.ru

Abstract. The analysis of the fire risk value at the food industry enterprise was carried out. The analysis of fire-fighting technical measures carried out at the object of protection was carried out by calculations using the Fenix +3 modeling program. Based on the results, graphs of fire hazards were drawn up; the dynamics of their distribution, the values of the time of blocking evacuation exits, the evacuation time are determined. It was concluded on compliance with fire safety requirements based on the analysis of these data and calculations.

Keywords: individual fire risk, fire safety requirements, hazardous production facility, modeling, evacuation

For citation: Sviridov E.V. Fire risk assessment at the food industry enterprise «Mukomol Povolzhya» // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. S. 85–90.

Introduction

Flour dust at a grain processing plant with further storage and marketing of finished products is a common occurrence. The efficiency of production is determined directly by the size of the mill, and, of course, larger mills are much more economical, and at the same time, the technological processes themselves impose higher requirements in ensuring fire safety [1]. During the production process, part of the flour settles on the walls of the workshop, machines, is in the air until it settles on the working uniform of the attendants. With an increase in the scale of production, the probability of spontaneous combustion of dust increases. And when a certain level of it in the composition of the air is exceeded, there is a possibility of self-ignition with further undermining of the dust-air mixture [2]. This factor can provoke a series of explosions at the factory and fireballs. Explosive dusts in the food industry include flour, custard powder, instant coffee, sugar, milk powder, potato and soup powders. Dust explosions can lead to catastrophic loss of life, injury and destruction of industrial facilities [3].

Every production line where food is processed generates dust that must be captured and collected. It is important to monitor the concentration of dust in the air and ensure compliance with regulatory requirements for exposure its impact on the environment, which can be guaranteed by the introduction of promising innovations and improvement strategies [4, 5].

When equipping feed mills with high-performance plants with a high degree of automation, it is necessary to ensure that they are equipped with special dust filters [6]. Such high-quality equipment will ensure the purity of the air by cleaning it of the solid particles contained in it, and then the extracted solid materials are re-introduced into the technological process. The indicator of dust presence in the plant is one of the determining factors to check during the audit [7].

Fire safety provides for such a state of the object, in which, with the established probability, the possibility of the occurrence and development of a fire is excluded.

And the impact on people of its dangerous factors, and also provides for the protection of material values. For the proper organization of fire prevention measures and the organization of fire extinguishing, it is necessary to understand the essence of the physical and chemical processes that occur during combustion.

Grain production is the main branch of agricultural production in most countries of the world. Bakery enterprises are objects of increased danger.

At all stages of production processes, the formation of explosive dust-air mixtures is possible. Every year 400–500 explosions occur at grain processing facilities in the world. Over the past 20 years, 195 explosions have occurred in the Russian Federation [8–10].

The purpose of the work is to determine the optimal value of the individual fire risk on the example of an office building on the territory of a flour mill.

The object of the study was a food industry enterprise, the subject of the study was an individual fire risk.

The work was carried out on the basis of open information about the food industry enterprise: building plans, information about building structures and materials. Calculation of individual fire risk was carried out on the basis of official guidelines.

Tasks that were solved during the work:

- study of data on fires in the territory of such industries;
- analysis of methods to reduce fire danger and consideration of the possibility their implementation;
- calculation of individual fire risk at the protected object and analysis of the results obtained.

The object of study of this work is an office space on the territory of a food industry enterprise.

Research methods

The object is located on the territory of the Saratov region, in the city of Pugachev. The enterprise produces flour of several varieties, as well as ready-made feed mixtures for livestock and pets using modern production equipment. One workshop was allocated for production, divided into three equal parts. Territory – 3.3 hectares. The main area of the enterprise is occupied by the production area, parking for trucks and warehouses for finished products (Fig. 1).

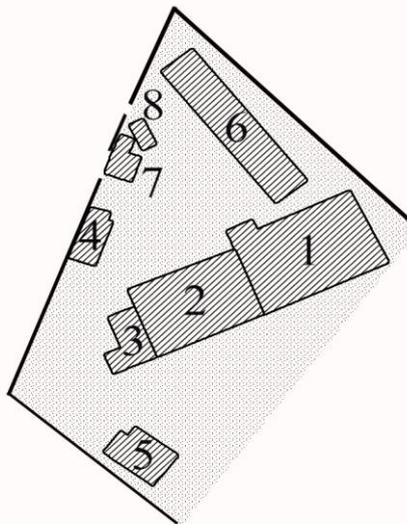


Fig. 1. Territory of the enterprise:

- 1 – flour milling shop; 2 – warehouse of finished products; 3 – indoor shopping center;
4 – additional warehouse for finished products; 5 – warehouse of metal structures;
6 – hangar for grain storage; 7 – the building of the directorate; 8 – scales for incoming raw materials**

The main building materials are reinforced concrete in production facilities, metal structures in warehouses, brickwork in an office building and a former store building. There is a detailed plan of the office, the calculation of fire risks will be carried out on its example. The office consists of five rooms: three rooms for direct work of employees and storage of documents with a total area of 133 m², kitchen, toilet, shower – 20 m² in total and a corridor of 48 m². Full information about the object is provided in the table 1.

Object characteristic

| Building data | Value / characteristics |
|---|-------------------------|
| Building category | Ф4 |
| Number of floors | 1 |
| Area | 213 m ² |
| Number of entries | 1 |
| Heating | central, water |
| Electric lighting | 220 V |
| Ventilation | natural |
| Windows | 3 |
| Security and fire alarm | in stock |
| Smoke detector | 5 pieces |
| Sounder | 2 pieces |
| The maximum possible number of people in the building | 6 |

A more detailed plan of the building is shown in Fig. 2.

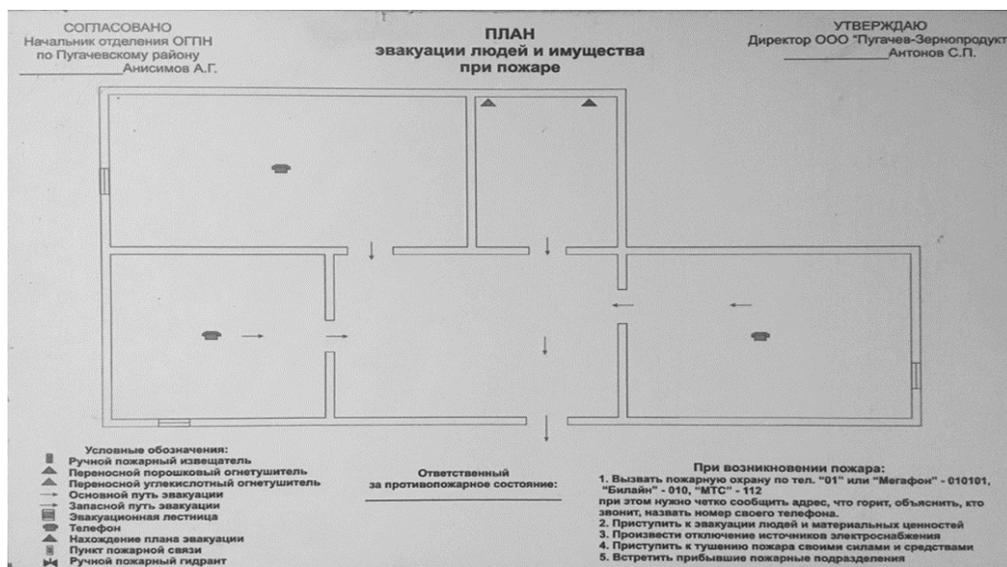


Fig. 2. Plan for the evacuation of people and property in case of fire

The first step was to model the protected object using the Fenix + program. According to the plan, all rooms, windows, furniture are indicated. In the scenarios under consideration, the fire will start with office furniture, in particular, two desktops and a bookcase. The 3D model of the object and the top view are shown in Fig. 3.

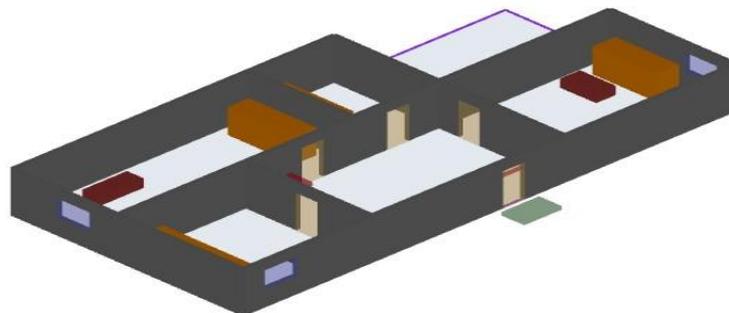


Fig. 3. 3D object model

Formula for Calculating Individual Fire Risk:

$$Q_B = Q_{\text{п}} \times (1 - R_{\text{ап}}) \times P_{\text{пр}} \times (1 - P_3) \times (1 - P_{\text{пз}}),$$

where $Q_{\text{п}}$ – frequency of fires in a building during the year; $R_{\text{ап}}$ – the probability of effective operation of automatic fire extinguishing installations (AFEI) is determined by the technical reliability of the AUPT elements given in the technical documentation. AFEI in the building is not provided. Fire load in office buildings is taken as 50 kg/m^2 ; $P_{\text{пр}}$ – the probability of the presence of people in the building, determined from the ratio:

$$P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}} / 24,$$

where $t_{\text{функц}}$ – time spent by people in the building in hours. Accepted $P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}} / 24 = 12 / 24 = 0,5$. P_3 – probability of evacuation:

$$P_{3,i} = \begin{cases} 0,999 * \frac{0,8 * t_{\text{бл}} - t_{\text{п}}}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_{\text{п}} < 0,8 * t_{\text{бл}} < t_{\text{п}} + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{п}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 * t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{п}} \geq 0,8 * t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases},$$

where $t_{\text{п}}$ – estimated evacuation time, min; $t_{\text{нэ}}$ – evacuation start time (the time interval from the outbreak of a fire to the start of evacuation of people), min; $t_{\text{бл}}$ – the time from the start of a fire to the blocking of evacuation routes as a result of the spread of fire hazards to them, which have maximum permissible values for people (escape route blocking time), min; $t_{\text{ск}}$ – the time of existence of crowds of people on the route sections.

$P_{\text{пз}}$ – the probability of effective operation of the fire protection system aimed at ensuring the safe evacuation of people in case of fire is calculated by the formula:

$$P_{\text{пз}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{соуэ}}) (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{пдз}}),$$

where $R_{\text{обн}}$ – probability of effective operation of the fire alarm system; $R_{\text{соуэ}}$ – conditional probability of effective operation of the fire warning system and people evacuation control in case of effective operation of the fire alarm system; $R_{\text{пдз}}$ – conditional probability of effective operation of the smoke protection system in case of effective operation of the fire alarm system.

The program also creates an individual flow model of the behavior of evacuees, which creates an imitation of the movement of a single person. Such a model is used to calculate various evacuation scenarios, taking into account the personal roles of people in the flow, and to select the best scheme for their movement in terms of security measures. For each of the parameters of dangerous fire factors, the critical time is calculated - the time during which this factor reaches the maximum allowable value. Maximum allowable values in the table. 2.

Table 2

Maximum permissible values of dangerous fire factors

| Fire hazards | Limit values |
|---|---|
| Heat flow | 1400 W/m ² |
| Flames and sparks | – |
| Elevated ambient temperature | 70 °C |
| High concentration of toxic combustion products and thermal decomposition | CO ₂ – 0,11 kg/m ³ CO – 1,16*10 ⁻³ kg/m ³ HCL – 23*10 ⁻⁶ kg/m ³ |
| Reduced visibility in smoke | 20 m |
| Reduced oxygen concentration | 0,226 kg/m ³ |

A graph of changes in hazards over time is shown in Fig. 4.

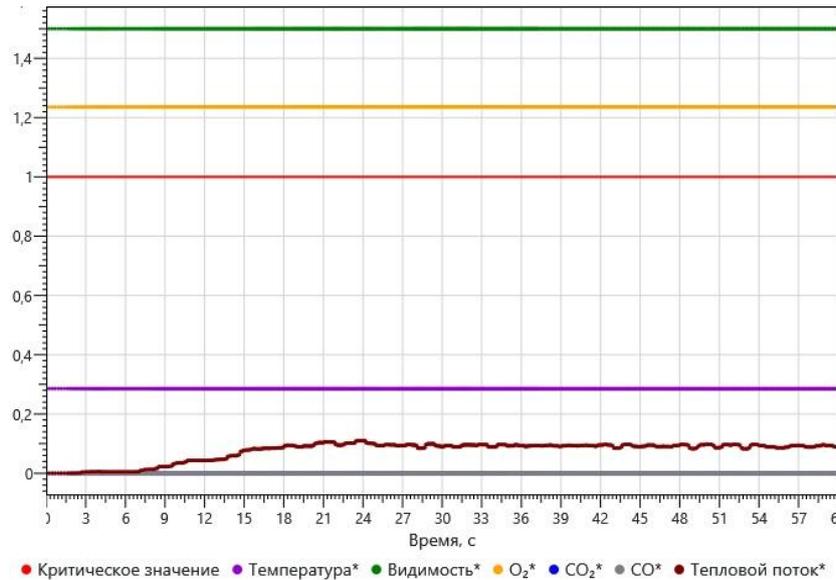


Fig. 4. Location of the fire in the third scenario

Analyzing this graph, we can conclude that the blocking time significantly exceeds the simulation time. People evacuate the building much earlier, so additional simulation time is required.

Research results and their analysis

Numerical modeling of fire scenarios is widely used in fire science. Experimental data were obtained by simulation using the «Fenix +3» simulation software (mesh, reactions, materials, surfaces, creation of structures and vents, creation of detection equipment, output control, simulation of parameters).

Based on the data from the «Fenix +3» fire modeling and personnel evacuation software, a number of conclusions can be drawn about the individual fire risk in an office building on the territory of a hazardous production facility (HFO) of Mukomol Povolja LLC:

- blocking time values exceed personnel evacuation time;
- individual fire risk does not exceed, according to the requirements, one millionth per year;
- additional measures to ensure fire safety in the office building on the territory of the enterprise are not required;
- the office is located far from the flour mill – fire safety distances are respected. Installation of a blast-resistant window in an office of 48 m² is not required.

$$t_{\text{бл}} = 0,76 \text{ min};$$

$$t_{\text{п}} = 0,16 \text{ min};$$

$$t_{\text{нэ}} = 0,1 \text{ min};$$

$$t_{\text{ск}} = 0,37 \text{ min};$$

$$P_3 = 0,994;$$

$$5,2 \cdot 10^{-7} > 10^{-6}.$$

Indicator of individual fire risk within the normal range.

Conclusion

In the course of this work, an office building was considered on the territory of the hazardous production facility LLC Mukomol Povolzhya. With the help of the «Fenix + 3» software environment, the following were determined:

- time of evacuation and blocking of evacuation exits;
- the value of individual fire risk;
- probability of evacuation of people.

Certain tasks have been completed:

- study of statistics on fires on the territory of HIFs;

– analysis of methods to reduce fire danger and consideration of the possibility their implementation;

– calculation of individual fire risk at the protected object and analysis of the results obtained.

Calculations show that the individual fire risk at the object of protection does not exceed the value established by the Federal Law of July 22, 2008 № 123-FZ «Technical Regulations on Fire Safety Requirements».

It can be concluded that on this object of protection:

- the necessary degree of fire safety is ensured;
- all necessary measures have been taken to reduce the fire risk.

References

1. Lomovsky O.I., Boldyrev V.V. Mechanochemistry in solving ecological problems // Ecology. A series of analytical reviews of world literature. 2006. № 79. P. 1–221.
2. Tactics of inspection of the scene of the incident in cases involving the use of explosive devices / M.E. Galaktionov [et al.]. Tomsk, 2017.
3. Makashev V.A., Petrov S.V. Technological hazards and protection from them: textbook. allowance. M.: ENAS. 2008. P. 55.
4. Popov K.I., Filippov A.N., Khurshudyan S.A. Food nanotechnologies // Russian Chemical Journal. 2009. Vol. 53. № 2. P. 86–97.
5. Aleshkov A.V. Food industry – innovation industry: monograph. Khabarovsk: RIC KhGUEP, 2016.
6. Kozlyuk A.G., Volgin M.A. To the question of the use of functional parts of the gas mask in the systems of air filters for ventilation of production // Science and innovations in construction. 2020, P. 145–154.
7. Akimov V.A., Sokolov Yu.I. The largest emergencies in Russia and in the world in 2003 // Civil Protection Strategy: Problems and Research. 2013. Vol. 3. № 2. P. 363–461.
8. Tregubov A.A. Librarian of the Imperial Kazan University. To the 200th anniversary of the birth of A.I. Artemyeva // Library Bulletin. 2020. № 1. P. 55–59.
9. Shishov V.F., Asanina D.A. Statistical analysis and forecasting of the number of urban fires in the region // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2015. Vol. 1. № 1. P. 264.
10. Burtsev V.A. Analysis of the main violations of fire safety in places of public catering // Actual problems of construction, housing and communal services and technospheric safety. 2019, P. 137–139.

Information about the article: the article was received by the editors: 20.12.2022;
accepted for publication: 10.01.2023

Information about the authors:

Sviridov Evgeny V., master of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnikeskaya st., 29),
e-mail: sviridov.ev@edu.spbstu.ru

SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Scientific article

UDK614.844

METHODOLOGY OF FIRE HAZARD ANALYSIS OF PRODUCTION FACILITIES

✉ **Vinogradov Vladimir N.**

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

Lugovoy Alexander A.

**Saint-Petersburg law institute (branch) University of prosecutor's office of Russian Federation,
Saint-Petersburg, Russia.**

Trunova Alina V.

Special department of Federal Fire Service № 50 of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

✉ vla4934@yandex.ru

Abstract. The method of analyzing the fire hazard of production is considered. The stages of fire hazard analysis of protection objects are described, methods of protection of potentially dangerous technological processes are proposed. An example of fire hazard analysis of the most dangerous chemical industries is given on the example of isoprene rubber plants in the cities of Sterlitamak and Tolyatti.

Keywords: technological process, category, production, fire hazard, fire, ignition source

For citation: Vinogradov V.N. Lugovoy A.A., Trunova A.V. Methodology of fire hazard analysis of production facilities // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. C. 91–96

Any production is inextricably linked with the process of obtaining a particular product. This process is carried out by the work of many people who use technological equipment to obtain the final product. As a result, a significant amount of raw materials and finished products takes place at the facility. In the complex, the presence of people, equipment for the technological process, a large amount of raw materials and finished products with certain fire-hazardous physical and chemical properties characterizes the fire hazard of production.

The fire danger of objects is aggravated by the presence of a significant length of industrial communications, the complexity of technological devices and structures, electrical equipment and electrical networks, design features of buildings and structures.

The human factor has a great influence on the state of fire safety of the facility. Working with people, improving their fire-fighting knowledge, and their compliance with the fire-fighting regime is an important measure to protect an object from fires.

The listed factors of the expected situation at an industrial enterprise allow us to conclude about the possible degree of their fire danger.

Currently, there is a significant increase in fires in industries with technological processes that are dangerous in terms of fire. Statistics show that more than 10 % of fires occur at such facilities, and losses from them account for more than 35 % of the total number of fires in the country.

Therefore, the analysis and assessment of fire danger at such facilities is of crucial importance to ensure their fire safety.

The assessment of the fire hazard of the facility should be based on the study of the technology of the production process, the design features of buildings and structures, the physico-chemical properties of substances and materials, the mode and parameters of the equipment and fire protection regime at the facility.

To study the fire hazard of production, it is necessary to:

- familiarize yourself with the regulatory requirements for buildings and structures. To this end, study the requirements in the relevant SNiP, NPB, GOST, SP, etc.;

- to determine the category of explosion and fire hazard of premises and buildings, as well as the classification of zones according to the «Rules of electrical installations (PUE)», which are determined by the methodology presented in SP 12.13130.2009;

- to carry out the calculation of fire risks, which are determined according to the «Methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities» (Appendix to the Order of EMERCOM of Russia № 404 dated July 10, 2009) and Order № 749 dated December 12, 2011 of EMERCOM of Russia;

- to analyze fires. The analysis is carried out in order to identify the main causes and places of fire, conditions conducive to the spread of fire, characteristic of this production, features of fire development and extinguishing, to identify deficiencies in fire protection systems and fire prevention. To accomplish this task, data on fires and fires that occurred over 5–10 years at the studied facility and similar industries are summarized and analyzed;

- to study the indicators of the technological process that characterize its fire hazard. The technological process of production is studied to the extent necessary to determine its fire hazard. At the same time, it is necessary to consider: the technological regulations, the technological scheme of production, to find out the indicators of the technological process that characterize its fire-fighting condition. Such indicators include: the productivity of installations, lines, apparatuses; the degree of transformation of raw materials; selectivity; the speed of chemical processes; material and the thermal balance of installations, devices. Unjustified overestimation (understatement) of these parameters leads to the creation of an emergency, fire-hazardous situation at the facility;

- find out the quantity, type and fire-hazardous properties of the substances and materials used. In the process of studying this issue, it is necessary to have the following data and materials: design documentation of production, technological schemes and regulations of technological processes, data on the physico-chemical and explosive properties of raw materials, intermediate and obtained products;

- identify fire-hazardous areas whose fire safety is not ensured by fire prevention measures. This is revealed by comparing the actual location of production sites with the regulatory requirements for fire safety;

- to determine the possibility of formation of a combustible environment inside the production equipment and in the premises. There may be explosive vapors, gases or dust inside the technological devices. Since explosive and fire-hazardous concentrations can be created under certain conditions, it is necessary to know the parameters of the technological process taking place in the apparatus and the properties of the circulating substances in order to prevent an explosion or fire;

- to study the causes of the emergency release of flammable vapors, gases or liquids from technological devices. Frequent causes of damage to production equipment are temperature effects on the material of devices as a result of mechanical or chemical wear of the equipment material;

- to study the possibility of the formation of ignition sources in a combustible environment inside production facilities and premises. Ignition sources are divided into groups – it can be the heat released during the manifestation of mechanical energy and radiation energy, the heat of exothermic chemical processes, as well as the thermal manifestation of electrical energy;

- to assess the effectiveness of warning systems, fire prevention and fire protection by the method of practical operation;

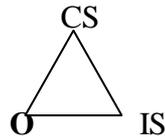
- to study the organization of the fire protection regime at the facility in accordance with PPR in the Russian Federation. To check the availability of orders to ensure fire safety, voluntary fire brigade (DPD) and combat fire brigades, organization of fire work, conducting classes with workers and employees on fire safety measures, organization of exercises on fire safety, civil defense, etc.;

- determination of the possibility of fire spread.

The spread of fire is facilitated by: a large amount of combustible material in production workshops and warehouses, the absence of fire barriers, accidents of production equipment, untimely or delayed notification of a fire, lack of fire extinguishing means or inability to use them, unprofessional fire extinguishing.

It should be noted that the absence of a DPD or a combat fire brigade at the facility significantly increases the possibility of a fire spreading over large areas [1–6].

Let's briefly consider the safety issues of potentially dangerous technological processes. It is known that the occurrence of a fire is possible if the critical triangle is observed: a combustible substance, an oxidizer, an ignition source (Fig.).



In a real situation, most often, an oxidizer (O – oxygen of the air) cannot be excluded. Therefore, the condition for ensuring fire safety is the exclusion of either the ignition source (IS) or the combustible substance (CS) from the triangle.

It is known that the combustible substance must be heated to the ignition temperature or higher when gorenje occurs. Based on these prerequisites, a system of fire protection measures is being built at industrial facilities in accordance with regulatory documents, based on the analysis of fire danger.

Fire prevention is achieved by preventing the formation of a combustible medium, preventing the formation of ignition sources in the combustible medium, reducing the process temperature to a temperature below the ignition temperature of the substance, and for liquids below the flash point of vapors.

Prevention of the formation of a combustible environment should be ensured by:

- a) an appropriate concentration of combustible gases, vapors and suspensions in the air;
- b) the concentration of an inhibitor or oxygen (or other oxidizer in a combustible gas, steam, suspension);
- c) the ability of substances, materials, equipment and structures to burn under production conditions.

Technical solutions that allow to ensure the fulfillment of the stated requirements, in particular, may be:

- a) the elimination of steam-air volume in tanks, reservoirs by installing protected storage facilities;
- b) the use of substances and methods that prevent the evaporation of the liquid and ensure the isolation of the liquid from the free space;
- c) the use of technologies that exclude the creation of conditions for the formation of explosive concentrations of liquid vapors;
- d) the use of substances or conditions that reduce the vapor pressure of the liquid;
- e) the use of calculated concentrations of explosive gases or vapors in devices above the upper or below the lower limits of ignition;
- f) installation of automatic gas pressure regulators on the process lines to the apparatus;
- g) control of the concentration of a mixture of gases with an oxidizer by installing automatic gas analyzers;
- h) the use of ventilation systems to remove gases, vapors, dust from technological equipment;
- i) the use of inert gases in the pneumatic transportation of fire-hazardous dust;
- k) the use of devices and pipelines that structurally ensure a minimum amount of settled dust on the surface.

Especially effective, from the point of view of ensuring explosion safety inside the apparatus, is the use of phlegmatizing additives that reduce the concentration of oxygen in the air to safe in combustible gas, steam or dust.

The most effective prevention of the formation of ignition sources in a combustible environment is achieved by meeting the requirements of the NPB, PPR in the Russian Federation, PUE and SP. In this regard, the fire safety of facilities should be ensured by the use of non-flammable or non-flammable substances and materials, instead of fire-hazardous ones. The use of building structures of objects with appropriate limits of fire resistance and combustibility. Comprehensive protection of people from fire by means of fire extinguishing, fire alarm and notification mean should be organized about the fire; as well as organized fire protection of the facility, equipped with automatic protection and control systems.

An important measure of fire protection is to limit the amount of flammable substances used or stored in industrial premises, this is achieved by:

- rationing the amount of flammable substances and materials in industrial premises and warehouses;
- using emergency drains for flammable liquids and emergency release of flammable gases from equipment;
- the presence of fire breaks and protection zones;
- availability of waste disposal and disposal systems;
- the location of explosion- and fire-hazardous equipment in separate, isolated rooms or in open areas located in normalized gaps from industrial and administrative buildings;
- mechanization and automation of technological processes related to the handling of flammable substances and materials;
- the use of accident and damage protection devices;
- the frequency of cleaning of premises, communications, equipment from industrial, combustible waste;
- reducing the number of workplaces where fire-hazardous substances will be used according to the technology.

To analyze the fire hazard of production, it is necessary to study the availability of measures to prevent the spread of fire beyond the source of its occurrence. This is achieved by the development of the following solutions:

- the use of devices that exclude the spreading of liquids in case of fire and provide emergency shutdown of devices and communications;
- the use of fire barriers, safety membranes and valves on technological equipment.

An important indicator of fire danger is the limits of fire resistance of the object's structures. They must retain their bearing and protecting functions during the entire time of evacuation of people or their stay in places of collective protection.

At each facility, an evacuation plan for people in case of fire is of great importance.

The object must have such a space-planning and technical execution, in which the evacuation of people must be completed before the occurrence of permissible levels of fire hazards established by sanitary standards.

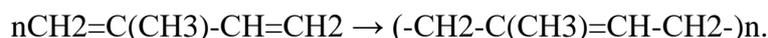
For the successful evacuation of people, it is necessary:

- ensure that the evacuation routes and exits comply with regulatory requirements;
- create conditions for the unhindered movement of people along the evacuation routes.

If it is impossible to completely evacuate people, collective and individual protective equipment must be ready, which must ensure the safety of people during the entire duration of the fire hazards [2, 7–9].

It is necessary to dwell a little more on the analysis of the fire hazard of chemical industries. The methodology for studying the fire hazard of such objects should include those general issues of fire hazard analysis that are listed above, but there are specific features. Let's consider them on the example of the production of isoprene rubber in the cities of Sterlitamak and Tolyatti.

Isoprene rubber is a product of radical polymerization of the isoprene monomer in a solvent (mainly isopentane) in the presence of catalytic complexes. Structural formula:



The components used to produce rubber are flammable liquids (LVL). For the polymerization process, organometallic catalysts based on TiCl_4 and organometallic compounds. The most effective are triisobutyl-, triphenyl-, tri-p-tolylaluminium. Most often, triisobutyl aluminum (CHIBA) is used. Such organometallic catalysts, when interacting with oxygen in the air, ignite spontaneously, and when in contact with water, they explode, which makes the process, in general, very dangerous. Thus, chemical industries, in particular for the production of isoprene rubber, have an increased fire hazard and explosion hazard.

For the purpose of high-quality explosion and fire protection of such objects, a better fire hazard analysis is needed.

For such enterprises it is necessary:

- provide for measures that exclude the possibility of supplying raw materials, materials and inert gas containing oxygen and (or) moisture in quantities exceeding the maximum permissible values to the system;
- permissible concentrations of oxygen and moisture, methods and frequency of monitoring their amount in the starting products should be determined taking into account the physico-chemical properties of the catalysts used. It is necessary to reflect the permissible concentrations of oxygen and moisture in the technological regulations for the production of products;
- the dosage of components in reaction processes must be controlled automatically and carried out in a sequence that excludes the possibility of formation of explosive mixtures or uncontrolled reactions inside the equipment, which is determined by the developer of the process and is established in the technological regulations for the production of products;
- daily check the design of fireworks, the equipment of the venues with primary fire extinguishing means, the preparation of the contractor for the work (in accordance with the requirements of the PPR in the Russian Federation);
- conduct daily rounds of workshops and outdoor installations in order to check the tightness of apparatuses, pipelines, valves and valves, the availability of primary fire extinguishing means and their serviceability;
- conduct a daily detour of the facility's territory in order to check the condition of underground trenches with laid pipelines, cables and other communications for gas contamination. To measure the concentration of explosive gases and vapors in trenches and settling tanks of industrial sewerage, as well as in the working areas of outdoor installations, pumps and apparatuses [10, 11].

An example of the increased danger of chemical production can be the fire that occurred on November 27, 2022, in Sterlitamak at the plant of JSC «Synthesis-Rubber». According to the press service of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Bashkortostan, there was a fire of isopentane.

It was previously established that there was a fire in the shop building on Technicheskaya Street. There was a fire of isopentane in the workshop of JSC «Synthesis-rubber» as a result of its leakage from a 20-cubic capacity. 24 units of equipment and 44 personnel worked to extinguish the fire, the fire was localized within three hours.

As a result of the fire, four people were injured, received burns of varying severity, two of them were in a serious condition in intensive care [12].

Conclusion

The described technique can be successfully used for a comprehensive study of the fire hazard of protection objects. It can serve as a basis for conducting detailed fire-technical surveys and inspections at enterprises, as well as drawing up declarations on the fire danger of the object.

It follows from the material on fire hazard analysis that each industrial facility must be provided with reliable means of fire notification and alarm in its initial stage, have the entire complex of protection of people and property. At the same time, regulatory fire protection requirements must be observed and PPR in the Russian Federation.

Preventive measures and the fire extinguishing means used should limit the possibility of ignition and the size of the fire as much as possible, ensure its rapid and effective extinguishing.

References

1. SP 12.13130.2009. Determination of categories of premises, buildings and outdoor installations for explosion and fire hazards. Access from inform.-the legal portal «Garant».
2. Technical regulations on fire safety requirements: Feder. the law grew. Federation of July 22, 2008 № 123-FZ 2. Access from inform.-the legal portal «Garant».
3. SP 3.13130.2009. Fire protection systems. The system of notification and management of evacuation of people in case of fire. Access from inform.-the legal portal «Garant».
4. SP 4.13130.2009. Fire protection systems. Limiting the spread of fire at protection facilities. Access from inform.-the legal portal «Garant».
5. SP 6.13130.2009. Fire protection systems. Electrical equipment. Access from inform.-the legal portal «Garant».
6. Rules of electrical installations (PUE). M., 1998. Access from inform.-the legal portal «Garant».
7. Vinogradov V.N. Methods of fire hazard analysis of technological processes. L., 1989.
8. Vinogradov V.N., Shchablov N.N. Fire hazard assessment and provision of fire protection measures at the facility. SPb., 2008.
9. Bayunov Yu.S. Methodical manual on fire safety of organizations. SPb.: LLC «Kvart», 2007.
10. Danilina N.E., Lysov R.A. Safety of the technological process of production of isoprene rubber in LLC «Tolyatti rubber». Togliatti: Togliatti State university, 2020.
11. Danilina N.E., Mikhalev S.A. Research and development of measures to improve the efficiency of industrial safety of chemical hazardous facilities (on the example of JSC «Tolyattisynthesis»). Togliatti: Togliatti State university, 2016.
12. Fire at the plant in Sterlitamak. URL: <https://posredi.ru/bolshoj-pozhar-na-zavode-v-sterlitamake.html> (accessed: 03.12.2022).

Information about the article: the article was received by the editorial office: 05.12.2022;
accepted for publication: 18.02.2023

Information about the authors:

Vinogradov Vladimir N., engineer of center for organization of research and editorial activities of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: vla4934@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9386-4673>

Lugovoy Alexander A., professor of department of general humanitarian and socio-economic disciplines of Saint-Petersburg law institute (branch) University of prosecutor's office of the Russian Federation (191104, Saint-Petersburg, Liteyny ave., 44), doctor of philosophy, professor, honored worker of higher school of Russian Federation

Trunova Alina V., inspector of the fire prevention group of special fire and rescue unit № 22 of the special department № 2 of the Special department of federal fire service № 50 of EMERCOM of Russia (192012, Saint-Petersburg, Obukhov defense ave., 136)

LIFE SAFETY

Scientific article

UDK 504.054

INVESTIGATION OF THE CONTENT OF MICROPLASTIC PARTICLES IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE LADOGA

✉ **Turova Maria A.;**

Politaeva Natalia A.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

✉ *msturova98@mail.ru*

Abstract. The article is devoted to the study of microplastic particles in the bottom sediments of Lake Ladoga. The problem of pollution of water bodies with microplastics attracts more and more attention of scientists around the world every year. The definition of the term «microplastic» and its impact on the marine environment is given. Using the methodology for studying samples of bottom sediments, an analysis was made of the content of microplastic particles in the bottom sediments of Lake Ladoga. Four samples of bottom sediments were studied, as a result of the study it was found that microplastic particles of various shapes, colors and sizes were found in these samples. To obtain more accurate information about the chemical composition of the particles, it is necessary to analyze using an IR spectrometer. Further study of this problem is envisaged in order to find ways to solve it.

Keywords: microplastics, bottom sediments, marine debris, lake Ladoga

For citation: Turova M.A., Politaeva N.A. Investigation of the content of microplastic particles in the bottom sediments of lake Ladoga // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. C. 97–104.

Introduction

Plastic is a type of marine litter that is most abundant in the ocean, rivers and lakes. The shape, color and size of plastic debris can vary, but only those particles whose length does not exceed five millimeters (roughly comparable to the size of a sesame seed) are commonly referred to as «microplastics».

In recent years, the problem of pollution of the oceans with microplastics has become the most acute, attracting the attention of an increasing number of politicians, public figures and, of course, scientists. Marine microplastics are found most often near the coast and may be in this zone for some time, but despite this, environmentalists have very little knowledge of what happens to these particles and how they are distributed in coastal areas.

The sources of microplastics vary, but most often they come from into the aquatic environment from large plastic debris, which literally crumbles into smaller pieces. So, microgranules are small particles of industrial polyethylene used as an exfoliating component in various medicinal products and cosmetics. Microplastic particles are a potential threat to all aquatic life as they are able to pass through water filtering systems.

The problem of microplastics is not new. The UNPO claims, based on data from the Environment Program, that about fifty years ago, microgranules began to be actively used in personal care products. Currently, natural components are being replaced by microplastics. Even 10 years ago, consumers, when buying products containing plastic particles, were not even aware of this, since this topic was little known at that time.

Lake Ladoga is the largest lake in Europe, it is located in the north-west of the Russian Federation near Saint-Petersburg, 40 km to the east. The area of the water body is about 17 600 km², while the islands are not included in this area, the length of the lake is about 219 km, the width is 82 km and the average depth is 51 m. Its greatest depth at a point west of the island of Valaam is 230 m. About 40 rivers flow into the lake, which contain a large number of various pollutants in their waters, which through the lake end up in its only source – the Neva River.

The purpose of this work is to analyze samples of bottom sediments of lake Ladoga for the presence of microplastic particles.

Tasks – consideration of methods for analyzing samples of bottom sediments, analysis of samples of bottom sediments of Lake Ladoga.

The object of study is the bottom sediments of Lake Ladoga.

Research methods

The following procedure was used to study the samples.

Stage I. Separation of samples of bottom sediments into fractions by density using a solution $ZnCl_2$.

At this stage, the bottom sediments are combined with a solution $ZnCl_2$, then there is resuspension and settling. It is necessary to carry out these actions in order for the microgranules to separate from dense particles with a mineral composition. A solution of zinc chloride releases up to 99 % of polymers that have a high density, they include microplastics.

Stage II. Peroxide oxidation of bottom sediments.

Biological material is a component of bottom sediments, approximately 0,5–7 %. So, at this stage it is important to get rid of organic residues without damaging the microplastics. To do this, hydrogen peroxide is poured into the sample 1:1, and the mixture is heated.

Stage III. Drying samples on a Petri dish.

Samples are left on the bowl for some time (3–4 days) until they are completely dry.

Stage IV. Examination of samples using an optical microscope.

The study of samples is carried out in several stages. First, the content of the sample is analyzed visually using a microscope. At this stage, it is important to identify microplastic particles, to distinguish them from organic fragments (legs and antennae of crustaceans, filamentous algae, etc.). A sign by which plastic can be distinguished from biological materials, is the absence of a cellular structure in microplastics, the uneven color of the fibers, as well as the presence of uneven sharp edges in microplastic particles. It often happens that due to the constant influence of various external factors, a plastic particle can break down and become covered with a biofilm; under such conditions, it is very difficult to determine microplastics. In order to accurately identify microplastics, it is necessary to conduct a spectral analysis to determine the composition of the substance.

Sampling of bottom sediments was carried out on Lake Ladoga, within a polygon with a length of 100 m.

This study was carried out using an MBI-1 microscope.

The study on a microscope was carried out with a magnification of 150x (objective – 10x, eyepiece – 15x), numbered risks are at a distance of 0.1 mm or 100 microns from each other.

Four samples were taken for the study.

The analysis was started from sample № 7. The sample contains fibrous microplastics of transparent (Fig. 1–3) and blue (Fig. 4) color.



Fig. 1. Sample № 7. Microplastic fibrous form of a transparent color



Fig. 2. Sample № 7. Microplastic fibrous form of a transparent color



Fig. 3. Sample № 7. Microplastic fibrous form of a transparent color

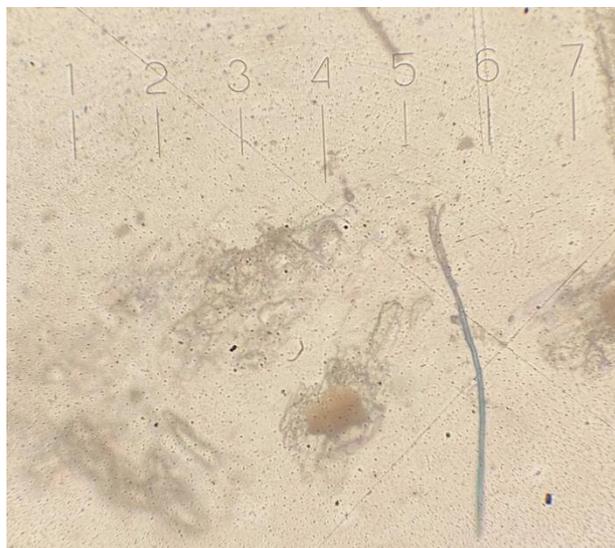


Fig. 4. Sample № 7. Blue fibrous microplastic

After the analysis of sample № 6, it was found that the sample contained fragments of transparent plastic with uneven sharp edges (Fig. 5), transparent fibrous microplastic (Fig. 6) and red (Fig. 7). The sample still contained a fragment of organic matter (Fig. 8).

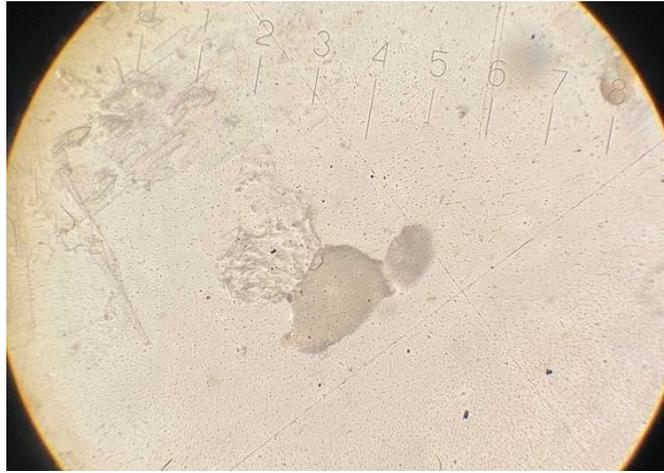


Fig. 5. Sample № 6. Transparent microplastic with uneven sharp edges



Fig. 6. Sample № 6. Microplastic transparent fibrous form

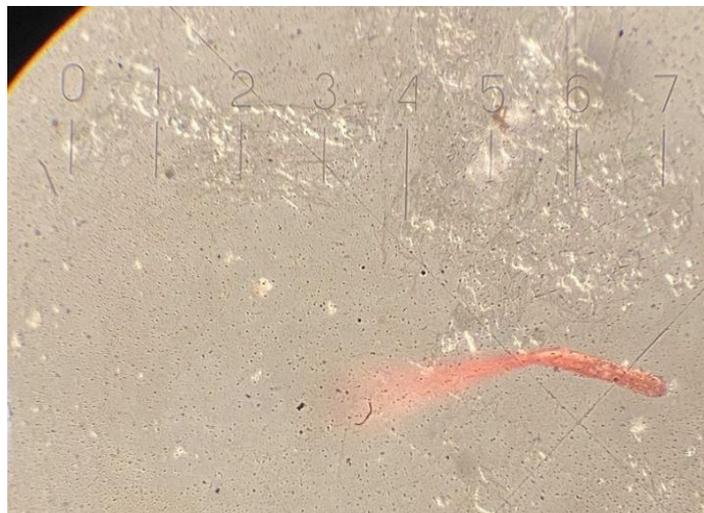


Fig. 7. Sample № 6. Red fibrous microplastic



Fig. 8. Sample № 6. Organic fragment

When studying sample № 4, it contained fibrous microplastics of a transparent (Fig. 9) and blue (Fig. 10) color, and a fragment of organic matter was also found (Fig. 11).



Fig. 9. Sample № 4. Microplastic transparent fibrous form



Fig. 10. Sample № 4. Microplastic transparent fibrous form



Fig. 11. Sample № 6. Organic fragment

When analyzing sample № 3, it contained fibrous microplastics of transparent (Fig. 12, 13), blue (Fig. 14) and black (Fig. 15) colors.



Fig. 12. Sample № 3. Microplastic transparent fibrous form

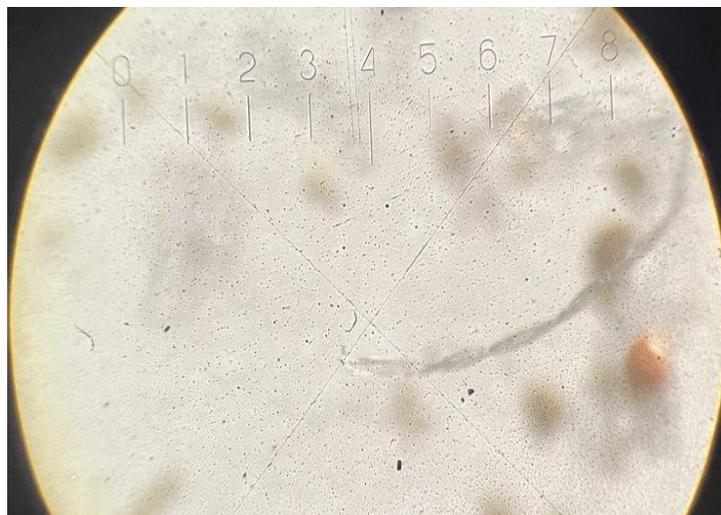


Fig. 13. Sample № 3. Microplastic transparent fibrous form

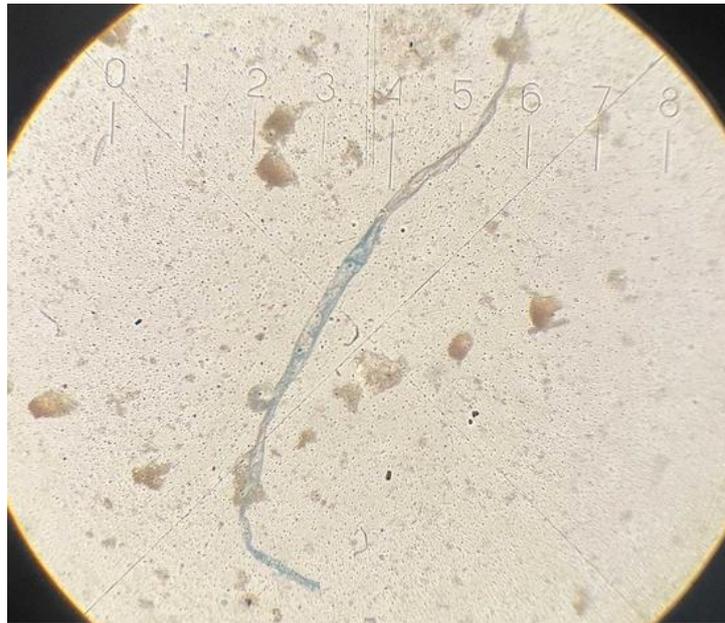


Fig. 14. Sample № 3. Blue fibrous microplastic



Fig. 15. Sample № 3. Black fibrous microplastic

Research results

Visual analysis of samples using a microscope made it possible to study the particles, namely, their morphological characteristics. It can be concluded that all the studied samples contain the largest amount of fibrous microplastics of various colors (transparent, blue, cyan, red and black), a fragment of transparent plastic with uneven sharp edges was also recorded. During the study fragments of organic matter were found in the samples (most likely the remains of crayfish living in the lake).

All microplastic fragments in the analyzed samples are smaller than 1,5 mm (1500 μm).

It will be possible to draw conclusions about the chemical composition of the analyzed particles after conducting studies using an IR spectrometer.

Conclusion

In the course of the study, a methodology for analyzing samples of bottom sediments was considered and applied in practice, which makes it possible to draw conclusions about the content of plastic in bottom sediments taken from Lake Ladoga.

Visual analysis of samples using a microscope made it possible to study their morphological characteristics. According to the results of the analysis, all the studied samples contain fibrous microplastics of various colors (transparent, blue, cyan, red and black) in the greatest amount, a fragment of transparent plastic with uneven sharp edges was also found. The study revealed the content of organic fragments (most likely the remains of crayfish living in the lake).

All microplastic fragments in the analyzed samples are smaller than 1,5 mm (1500 μm).

To draw conclusions about the chemical composition of the analyzed particles, it is necessary to continue research using an IR spectrometer.

The problem raised in this study is undoubtedly relevant. Scientists around the world are studying this topic and it has already been proven that the influence of microplastics is harmful both to the flora surrounding us and directly to humans.

It can be concluded that in order to find ways to solve this problem, it is necessary to continue further research.

References

1. Eremina T.R., Ershova A.A. Study of the problem of marine debris in the region of the Gulf of Finland // Hydrometeorology and ecology: achievements and development prospects: materials of II All-Russia. conf. SPb., 2018. P. 254–256.
2. Features of the formation and photocatalytic activity of HoFeO_3 nanocrystals obtained by heat treatment of glycine-nitrate combustion products / I.S. Kondrashkova [et al.] // Journal of General Chemistry. 2018. Vol. 88. № 12. P. 1943–1950.
3. Martinson K.D., Cherepkova I.A., Sokolov V.V. Formation of cobalt ferrite nanoparticles under conditions of glycine-nitrate combustion and their magnetic properties // Glass Physics and Chemistry. 2018. Vol. 44. №. 1. S. 32–38.
4. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // Marine Pollution Bull. 2011. Vol. 62. P. 1596–1605.
5. Identification of microplastics using Raman spectroscopy: Latest developments and future prospects / C.F. Araújo [et al.] // Water Res. 2018. Vol. 142. P. 426–440.
6. Gregory M.R. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified // Marine Pollution Bull. 1996. Vol. 32. P. 867–871.
7. Hammer J., Kraak M.H., Parsons J.R. Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift // Rev. Environ. Contamination and Toxicol. 2012. Vol. 220. P. 1–44.
8. Henry B., Laitala K., Klepp I.G. Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment // Sci. Total Environ. 2019. Vol. 652. P. 483–494.
9. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification / V. Hidalgo-Ruz [et al.] // Environ. Sci. Technol. 2012. Vol. 46. № 6. P. 3060–3075.
10. Screening for microplastics in sediment, water, marine invertebrates and fish: Method development and microplastic accumulation / T.M. Karlsson [et al.] // Marine Pollution Bull. 2017. Vol. 122. P. 403–408.

Information about the article: the article was received by the editors: 15.12.2022;
accepted for publication: 03.01.2023

Information about the authors:

Turova Maria A., master's student of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnikeskaya str., 29), e-mail: msturova98@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7118-3487>

Politaeva Natalia A., professor of higher school of hydrotechnical and power engineering, of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university(195251, Saint-Petersburg, Politekhnikeskaya str., 29), e-mail: politaeva1971@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5914-6210>

Scientific article
UDK 614.873.23

THE IMPORTANCE OF MARKING PROTECTIVE SUITS FOR THE MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY PROCESSES IN THE WORKPLACE

Ivanova Anna A.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia
insta14.d@gmail.com

Abstract. With the development of technology and technology, information systems are being introduced into our daily lives and are already becoming an integral part of it. The attitude of employers to the safety of employees is becoming more conscious every year, therefore, interest in digital solutions in the field of labor protection is also growing. In the modern system of labor protection, such changes are urgently needed, they will help to quickly solve problems, reduce the risk of fines for violating the deadlines, and acquaint workers with the maximum amount of information on safety and risks in their workplaces. QR-codes are gaining popularity now. This code can contain a large amount of information on the use of PPE, the workplace, and the employee. An employee can get acquainted with the available information using a QR-code at any time using only the phone and the Internet. The introduction of digital codes on personal protective equipment and special clothing can solve a few important tasks for ensuring the safety of workers.

Keywords: digital code, labor protection, overalls, protective suit

For citation: Ivanova A.A. The importance of marking protective suits for the management of occupational safety processes in the workplace // Monitoring and expertise in safety system.. 2023. № 1. C. 105–109.

Introduction

Modern technologies that are being introduced to ensure labor safety at the enterprise, affect the life and health of working people, as well as the quality of the full, safe functioning of the labor protection system.

Overalls and protective suits are marked in accordance with the technical regulation TS 019/2011, starting from 2012. With the powerful development of the digital era, there is a need to introduce modern technologies in the field of labor protection [1, 2].

The issues of improving protective suits by enhancing their protective properties, changing design, and developing new heat-conducting and breathable fabrics remain one of the most important issues in providing workers with personal protective equipment (PPE) [3, 4]. But no matter how comfortable and multifunctional the suit is, the workers will not be comfortable enough to work in it one way or another.

All personal protective equipment, all overalls and safety shoes are always discomfort. Occupational accidents that occur due to the lack of PPE or in a situation where they are deliberately not worn occur precisely because workers have very little awareness of the importance and necessity of the PPE and protective suits issued to them. It is in such cases that it is extremely important to introduce permanent marking of protective suits with special digital codes [5–7].

Analytical part

QR- code is a two-dimensional type of barcode that is easily read by a digital device and stores information as a series of pixels in a square grid that looks like a black and white pattern. A QR-code, unlike a barcode, is read in two directions – horizontally and vertically. This allows you to store more data in it. When scanning a QR-code, the user gets access to this data instantly. Despite its size,

the digital code is able to accommodate a large amount of data [8]. By scanning a certain code, you get access to data instantly [9]. They are more compact, store more data, and support a wider character set. However, they are also easy to create and print.

Thanks to the use of such codes, the system for monitoring and confirming the quality of products will become much easier. Plus, the opportunity to receive more complete information about products will now be available not only from the company that purchases overalls, but also for every worker. Digital codes can significantly reduce the time to conduct training events dedicated to the rules of operation and risks, that people may encounter in their workplaces [10, 11].

When receiving a protective suit, each employee can point the camera of his smartphone at the code located on the wrong side of the issued clothing and get acquainted with all the information in full by clicking on just one link [12–14]. At the same time, you can return to re-reading and detailed study an unlimited number of times, repeating all the same operations [15, 16].

Numeric codes may include the following information:

- 1) information about the workplace;
- 2) possible dangers and risks;
- 3) the timing of the passage of periodic certification and testing of knowledge on labor protection;
- 4) the timing of the passage of repeated and briefings;
- 5) the terms of passing the medical commission;
- 6) the expiration date of the issued protective suit;
- 7) how to properly use PPE and its basic protective characteristics;
- 8) description of possible accidents that may occur in case of non-use or misuse of PPE;
- 9) the procedure for actions in the event of an accident at work.

It is important that the code has the ability to change and correct. When issuing a suit to an employee, the employer is obliged to supplement the code with the following information [17]:

- 1) full name and position of the employee;
- 2) growth;
- 3) weight;
- 4) age;
- 5) blood type (in case of an accident).

The innovation of such a plan will help save time for middle managers and employees, reduce the cost of creating stands, and most importantly, involve all employees in solving security problems [18].

Previously, all information about the certification of employees in labor protection, passing medical examinations, the procedure for providing personal protective equipment was posted on a huge number of stands, in the corners of labor protection and fire safety [18–20]. With the introduction of digital codes, it is possible to significantly systematize all information on labor protection, make it publicly available and understandable to everyone [21, 22].

The code should be sewn on the wrong side of the suit. Its format should be small, without prickly and rubbing elements.

Digital marking of personal protective equipment must be made with a one-dimensional code. Since such codes have already been put into operation, but they were two-dimensional, it turned out that this encoding option is not read well enough [23]. A one-dimensional barcode can be read by the device even with damage that exceeds 70 %. The two-dimensional marking of personal protective equipment fails already at 5 % damage [24, 25]. That is, any small abrasion, scratch that has appeared during the operation of PPE, will be the reason why it cannot be read [26–28].

The code cannot be faked or changed. When creating, cryptographic data encryption technologies are used. An example of a program for creating such a code is shown in the figure.

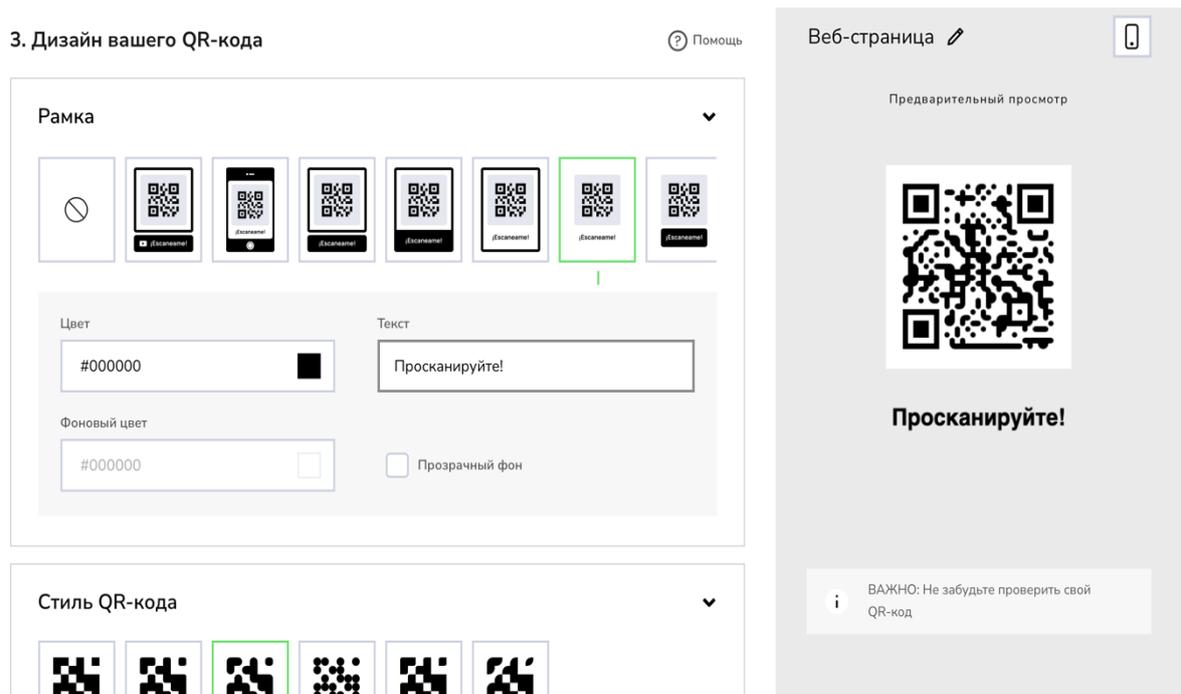


Fig. The process of creating a digital code

Conclusion

Thus, such marking of overalls will allow bringing labor protection to a new modern level of development.

Based on the study, the following conclusions can be drawn:

1. The introduction of such codes will greatly simplify the life of both employers and employees.
2. All the necessary information about the workplace and safety precautions will be visible to each employee throughout the entire shift.
3. Numerical codes can significantly reduce the time spent on training events on the rules of operation and the risks that people may face in their workplaces.

References

1. New approaches to the organization of the system of training and testing knowledge of the requirements of labor protection in organizations / V.A. Senchenko [et al.] // Safety and labor protection. 2020. № 1 (82). P. 73–76.
2. Optimization of training and knowledge testing of labor protection requirements using Internet technologies / V.A. Senchenko [et al.] // Life safety. 2020. № 8 (236). P. 49–55.
3. Senchenko V.A., Kaverzneva T.T. The place of labor protection instructions in the digital economy // Occupational health and safety at industrial enterprises. 2021. № 9. P. 10–17. DOI: 10.33920/pro-4-2109-01.
4. Vorobinskaya L., & Finochenko V. Modern directions of development health and safety systems in the transport sector. 2023.
5. Senchenko V.A. Actual task of conveying the requirements of instructions on labor protection to the young generation Z in the conditions of digitalization of society // Safety and labor protection. 2021. № 2 (87). P. 56–60.
6. Lukomsky A.V. QR-code technology as a means of creating a new generation of educational and methodological support // Actual problems of chemical education in secondary

- and higher school: *Sat. scientific articles Vitebsk: Vitebsk state. University them. P.M. Masherova*, 2018, P. 267–269.
7. Digitalization of safety in the field of labor protection / Y.S. Sergeenko [et al.] // *Earth and Environmental Science: Paper presented at the IOP Conference Series*. 2020. № 543 (1).
 8. Integrated system of industrial safety and labor protection / M.A. Akbarova [et al.] // *Paper presented at the Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. 2019. № 30 (1). P. 872–877. DOI: 10.2507/30th.daaam.proceedings.121.
 9. Tedeev A. Information technologies in business processes and modern labor activity regulation problems. *Masaryk University Journal of Law and Technology*. 2014. № 8 (2). P. 223–231.
 10. A priori risk assessment of working environment and labor process factors for drillers and their assistants employed in the oil industry / G.G. Gimranova [et al.] // *Labor hygiene and medical ecology*. 2017. № 1 (54). P. 17–22.
 11. Hygienic assessment of the working conditions and the health state of workers engaged in drilling of superdeep boreholes / I.I. Alekperov [et al.] // *Meditina Truda I Promyshlennaya Ekologiya*. 1983. № 12. P. 8–12.
 12. GK «Vostok-Service» URL: <https://shop.vostok.ru/> (date of access: 03.20.2021).
 13. Zheglova A.V. Occupational risk and criteria for health disorders of workers in the mining industry. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 2009. №5. P. 14–18.
 14. Chernyshev M.V., Davydov A.F., Chernysheva G.M. Complex estimation of fabrics for sewing clothing for workers in oil refining plants // *Fiber Chemistry*. 2017. № 49 (1). P. 67–69.
 15. Factors and indicators of occupational risk in oil production / G.G. Gimranova [et al.] // *Bulletin of the RSMU*. 2014. № 1.
 16. 5th International scientific conference of modern management of mine producing, geology and environmental protection, SGEM. 2005.
 17. Heat-insulation of special clothing: An analysis using regression models. *Human Ecology (Russian Federation)*. № 4. P. 21–25.
 18. Ovsyannikov S.N., Skripchenko D.S. A research of sound-proof properties of materials at various static loadings *News of higher educational institutions // Technology of the textile industry*. 2016. № 4 (364). P. 40–44.
 19. Mine rescuers' heat load during the expenditure of physical effort in a hot environment, using ventilated underwear and selected breathing apparatus / A. Marszałek [et al.] // *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2018. № 24 (1). P. 1–13.
 20. A user-centred design process of new cold-protective clothing for offshore petroleum workers operating in the barents sea / O.P. Naesgaard [et al.] // *Industrial Health*. 2017. № 55 (6). P. 564–574.
 21. Development of the construction of overalls for oil workers with improved hygienic properties / M.M. Chorieva [et al.] // *Paper presented at IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. № 862 (2).
 22. Transformation of labor legislation in the digital economy / M. Inshyn [et al.] // *InterEULawEast*. 2021. № 8 (1). P. 39–56.
 23. *Protective footwear and clothing*. 1980.
 24. Golod V.A., Rudakov M.L., Stepanova L.V. Substantiation of the parameters of personal protective equipment of the employees for ensuring thermal comfort of the coal mines underground personnel // *Bezopasnost' Truda v Promyshlennosti*. 2019. № 5. P. 52–58.
 25. Testing of hot-water and steam protective performance properties of fabrics. Advanced characterization and testing of textiles / S. Mandal [et al.]. 2017. P. 211–235.
 26. An integrated approach to the selection of special clothing for an oil well driller, taking into account the PMV indicator / T.T. Kaverzneva [and others] // *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2022. Vol. 11. № 3(59). P. 159–164. DOI: 10.46548/21vek-2022-1159-0024. EDN VBLXRP.

27. Ivanova A.A. Calculation of thermal comfort indices when designing a driller's protective suit // Biotechnologies and safety in the technosphere: materials of Vseros. conf. of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, 2021, P. 149–152. EDN UYBXTL.

28. Ivanova A.A. Assessment of thermal comfort of drilling rig workers, taking into account the category of work in terms of energy costs // Student Scientific Forum 2021: Sat. articles of the international scientific-practical. conf. Penza: Science and Education, 2021, P. 78–81. EDN CTVVAW.

Information about the article: The article was received by the editors: 04.02.2023;
accepted for publication: 01. 03.2023

Information about the authors:

Ivanova Anna A., master of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politekhnikeskaya st., 29), e-mail: ivanova10.aa@edu.spbstu.ru

Scientific article

UDK 331.45

«MATRIX OF CONSEQUENCES AND PROBABILITIES» AS A METHOD FOR ASSESSING OCCUPATIONAL RISK

Kuchishkin Konstantin S.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

kuchishkin.ks@edu.spbstu.ru

Abstract. This article discusses a matrix method based on a scoring called the «consequence and probability Matrix». An explanation of the concept of occupational risk is given, as well as the need to implement an occupational risk management process in order to optimize and improve the working conditions of employees is proved at workplaces. The process of assessing occupational risk using a matrix method based on a scoring is considered. The stages of occupational risk assessment according to the chosen method are determined, such as: determination of the probability index, determination of the consequences index, determination of the risk level, determination of the urgency of preventive measures. Tables are provided for determining the values of score indicators of severity of consequences, probability values, a risk matrix, determining the level of risk and the urgency of measures. The purpose of the work is to analyze the method «Matrix of consequences and probabilities».

Keywords: matrix method, labor protection, risk assessment, occupational risk

For citation: Kuchishkin K.S. «Matrix of consequences and probabilities» as a method for assessing occupational risk // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. S. 110–114.

Introduction

Occupational risk – the likelihood of harm to health as a result of exposure to harmful and (or) dangerous production factors in the performance of duties by an employee under an employment contract. That is, professional risk is a mandatory quality of absolutely every action related to the production, transformation and use of matter, energy and information.

According to international statistics, occupational diseases and accidents at production facilities cause the death of approximately 2,3 million people annually. The cost of this problem is more than 2,8 trillion dollars worldwide. Thus, we can conclude that there is insufficient control over the process of assessing occupational risk and ignoring ways to reduce its magnitude [1–2].

Occupational risk assessment is the basis for ensuring high productivity and well-being of workers, and is also enshrined in legislation in Russia and in most industrialized countries. It is not only the prevention of accidents or injuries, but also the identification of hazards; identification of people who are potentially at risk; risk assessment; measures to reduce the risk and the development of new ways to prevent it. It is thanks to the introduction of the occupational risk assessment system that making a safer working environment has become a less energy-intensive process. A research and implementation of developments using the latest technologies and tools to reduce risk, helps create conditions for more harmless work in the workplace [3].

Research methods

To solve the problem, namely the analysis of the method «Matrix of consequences and probabilities», general scientific research methods were used.

For this, a selection of suitable sources was made with subsequent analysis. After these operations, incorrect or irrelevant information was eliminated.

The criteria for the analysis of information were:

- 1) reliability and reliability of sources;
- 2) relevance;
- 3) compliance with the focus of the work, that is, the degree of dedication to the topic of occupational risk was determined;
- 4) existing research in this area.

Further, using the methods of comparison and comparison of the relevant literature, it was concluded that the matrix method based on the scoring, also called the «consequence and probability Matrix», is the most popular.

And with the help of the synthesis method, a complete picture was drawn up of how the occupational risk assessment is carried out by the chosen method.

Research results and their analysis

The «consequence and probability Matrix» is a matrix method for assessing occupational risk based on a score. The method consists in a qualitative assessment, where the probability of a dangerous situation and the severity of the consequences have their own weight coefficients (points). The final value is determined as the product of the point value of the probability of occurrence of a hazard that leads to damage to health, and the point value of the severity of consequences in the implementation of this risk.

The matrix method is one of the most common due to its simplicity and accessibility. It does not require significant time and financial costs and in-depth knowledge in the field of professional risks. The disadvantage is the subjective nature of estimates of the probability and severity of consequences.

The risk category according to the matrix method is determined by the formula:

$$R = P \cdot S ,$$

where R – risk score for a specific event; P – event probability score; S – point value of the severity of the consequences of the event.

The risk matrix should be carried out for each hazardous production factor that can harm the health of an employee at the selected workplace [4–5].

The ranking of the values of the probability of occurrence of a hazardous event and the severity of the consequences may differ. The number of ranks must be at least three. The higher the number, the more difficult the occupational risk assessment process, but at the same time, the more accurate the determination of the urgency of the risk reduction measure.

In order for the value of occupational risk to be as close as possible to the actual one, the enterprises use a 4×6 matrix. The indicator of the probability of the realization of a dangerous situation (P) will be divided into six ranks, and the indicator of the severity of the consequences (S), respectively, will be divided into four ranks.

The sequence of actions for assessing occupational risk for each identified hazardous event will look like this (fig.):

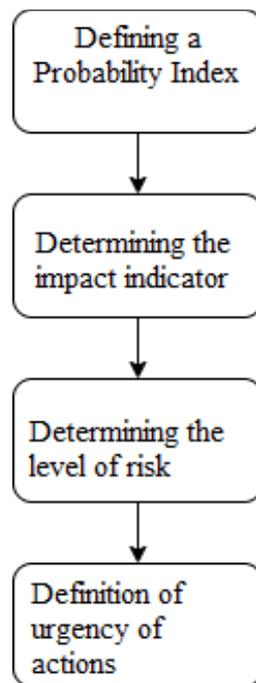


Fig. Stages of occupational risk assessment

To simplify the perception, as well as the subsequent processing of the results of the matrix, alphanumeric codes were introduced.

In table 1 indicates the definition of a probability score (P) based on the frequency of exposure to a hazard.

Table 1

Defining a Probability Index

| Letter codes | Occurrence probability indicator | Description of the frequency of exposure to the hazard |
|--------------|----------------------------------|--|
| A | Incredible | Less than once every 10 years, or does not occur |
| B | Unlikely | From once a year to once every 10 years |
| C | Remotely | From once a month to once a year |
| D | Perhaps | From once a week to twice a month |
| E | Probably | From once per shift to once a week |
| F | High probability | One or more times per shift |

When determining the point value of the severity of the consequences, it is necessary to choose the worst-case scenario.

In table 2 shows the defining score indicators of the severity of the consequences with their description.

Table 2

Determination of the severity index

| Severity score | Description of the severity of the consequences |
|----------------|---|
| 1. Minor | Microtrauma, need to seek help |
| 2. Light | Disability accident for less than two weeks |
| 3. Serious | Disability accident for more than two weeks |
| 4. Large | Death, total incapacitation |

Thus, the chosen method for assessing occupational risk, namely the 4×6 matrix, will look as shown in table 3.

Table 3

Risk Matrix

| Probability of an event occurring | Severity score | | | |
|-----------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1. Minor | 2. Light | 3. Serious | 4. Large |
| A. Incredible | A1 Minor risk | A2 Minor risk | A3 Low risk | A4 Moderate risk |
| B. Unlikely | B1 Minor risk | B2 Low risk | B3 Moderate risk | B4 Moderate risk |
| C. Remotely | C1 Low risk | C2 Moderate risk | C3 Moderate risk | C4 Medium risk |
| D. Perhaps | D1 Moderate risk | D2 Moderate risk | D3 Medium risk | D4 Significant Risk |
| E. Probably | E1 Moderate risk | E2 Medium risk | E3 Significant Risk | E4 Unacceptable Risk |
| F. Hig Probably | F1 Medium risk | F2 Significant Risk | F3 Unacceptable Risk | F4 Unacceptable Risk |

To determine risk indicators and prioritize measures to reduce it, refer to the table 4.

Table 4

Determination of the level of risk and urgency of measures

| Risk indicator | Level of risk | Priority of risk mitigation measures |
|--------------------------------|---------------|--|
| A1, A2, B1 | Insignificant | Activities are not required. Enough control |
| A3, B2, C1 | Small | Events are optional but recommended. |
| A4, B3, B4, C2, C3, D1, D2, E1 | Moderate | Activities are necessary. They are being developed and are scheduled |
| C4, D3, E2, F1 | Medium | Activities need to be planned and implemented on schedule in a short time |
| D4, E3, F2 | Significant | Activities are required. They need to start immediately |
| E4, F3, F4 | Unacceptable | Activities are required. Start immediately. Work at this workplace should be stopped until the risk is reduced |

The occupational risk values of the chosen profession are determined for each hazardous production factor that has been identified in advance.

The final value of occupational risk, which is assigned to the assessed profession, is determined as the largest of the obtained values [6–8].

Conclusion

Occupational risk is calculated for each identified hazard. Also, for each hazard, the necessary measures to reduce occupational risk are determined. All results obtained are recorded in the risk assessment card.

The assessed profession is assigned the maximum risk category registered at the workplace.

If, based on the assessment of occupational risks from various hazards, it turns out that these measures are sufficient, then the creation of additional measures is not required.

If it is determined that these measures are not enough, then a list of additional measures is determined and a corrective action plan is drawn up.

References

1. Labor Code of the Russian Federation of 30 December. 2001 № 197-FZ, Art. 209. Basic concepts. Access from the information-legal portal «Garant».
2. Tikhonova O.V., Kitova E.T., Zikina M.O. Improvements in labor safety management: Efficiency of industrial control organization and implementation, occupational risks assessment (by the example of food industry enterprise) // *Earth and Environmental Science: paper presented at the IOP Conference*. 2021. № 720 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012048.
3. Tskhovrebova I.Ch., Tibilova I.V. Methods and tools for assessing professional risks // *Prosperity of Science*. 2021. № 1 (1).
4. Korshunov G.I., Kabanov E.I. Occupational risk management in a mining enterprise with the aid of an improved matrix method for risk assessment. *Acta Montanistica Slovaca*, 2020. P. 289–301. DOI: 10.46544/AMS.v25i3.3.2020.13351788.
5. Klimova E.V., Semeykin1 A.Yu., Nosatova E.A. Im-provement of processes of professional risk assessment and management in occupational health and safety system // *Materials Science and Engineering: IOP Conference Series*. 2018. 14. DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012198.
6. Occupational risk assessment method as an element of the production safety concept.
7. GOST 12.0.230.5–2018. System of labor safety standards (SSBT). Occupational safety management systems. Methods of risk assessment to ensure the safety of work. M.: Standartinform, 2018.
8. Carcinogenic assessment of cobalt-containing alloys in medical devices or cobalt in occupational settings: A systematic review and meta-analysis of overall cancer risk from published epidemiologic studies / S. Zhang [et al.] // *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2021. № 125. DOI: 10.1016/j.yrtph.2021.104987.

Information about article: the article was received by the editors: 04.02.2023;
accepted for publication: 03.03.2023

Information about the authors:

Kuchishkin Konstantin S, master of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Politeknicheskaya st., 29), e-mail: kuchishkin.ks@edu.spbstu.ru

DIALOGUES WITH SPECIALISTS

Scientific article

UDK 614.8

ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEMS USED IN CONTROL CENTERS IN CRISIS SITUATIONS DURING THE ORGANIZATION AND CONDUCT OF EMERGENCY RESCUE OPERATIONS

✉ **Vorontsova Anna A.;**

Putintseva Elizaveta N.;

Lobova Sofia F.

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

✉ *annavorontsova@msn.com*

Abstract. The article presents the result of a study of the functionality of an automated information and control system – a unified system for the prevention and elimination of emergency situations. Possible models of cyber threats are considered. The necessity of developing software tools for assessing the risk of cyber threats in the context of unfavorable development of interstate relations is formulated.

Keywords: information system, automated information and control system of the unified system for the prevention and elimination of emergencies, information security

For citation: Vorontsova A.A., Putintseva E.N., Lobova S.F. Analysis of information systems used in control centers in crisis situations during the organization and conduct of emergency rescue operations // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. C. 115–118.

Introduction

It is difficult to imagine a subject of the national economy of the Russian Federation without a clearly built information security (IS) structure. The concept of IB is connected, including, with the concept of protecting the information infrastructure (II) of the subject from the threats of cyberattacks. The purpose of cyberattacks is to collect information, steal or destroy information, software and technical resources by suppressing protection systems, introducing viruses and other various software bookmarks. The international events of the last year have shown that the purpose of cyberattacks can be the destruction or active suppression of communication lines, misdirection, overloading communication nodes and conducting information and psychological operations to misinform the population.

II of EMERCOM of Russia includes the following information technologies (IT): web technologies (sites for informing the public), databases, including super-large databases, a unified electronic document management system, an automated analytical system for supporting and managing control and supervisory bodies of the Ministry of Emergencies Russia, software for geolocation and electronic cartography, IP-telephony (voice and video communication), etc.

At present, the priority areas of the EMERCOM of Russia are the introduction and use in their activities of new generation technologies and modern information resources and systems that allow, during emergency rescue operations (ASR), to make timely and sufficient management decisions aimed at reducing the time to eliminate the consequences of emergency situations (emergencies) and reduce the amount of damage to economic facilities and the environment from them.

The tasks performed by the EMERCOM of Russia made it possible to implement and develop an automated information and control system: a unified system for the prevention and elimination of emergencies (AIUS RSChS) [1–2].

AIMS RSChS is designed to ensure the preparation, collection, storage, processing, analysis and transmission of information, as well as support for the adoption of managerial decisions by the management bodies of the RSChS in various modes of operation [2].

Unfortunately, the vulnerability of the AIMS RSChS information system to cyber-attacks has not been studied. There are no scientific works that allow to evaluate its life cycle as a software product under the conditions of import substitution. Back in 2014, the government of the Russian Federation announced a course towards a gradual abandonment of foreign technologies and software. Critical AI objects were identified, and deadlines were set for Russian organizations to switch to Russian software in the presence of domestic analogues.

The paper analyzes the information system AIMS RSChS from the point of view of its use in the daily activities of employees of decision-making centers in crisis situations, an attempt was made to analyze its vulnerability to cyberattacks of various levels.

Research methods

Unfortunately, there is no single approach to the analysis of such systems in terms of vulnerability to cyberattacks, therefore, an assessment of the characteristics of the information system has been undertaken, its importance in the daily work of employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia has been shown, and possible models of attacks on the system based on its functionality are given.

One of the main segments of the AIMS RSChS is the information system «Atlas of Hazards and Risks» (IS «Atlas of Hazards and Risks»), which allows:

1) to carry out an automated exchange between the management bodies of the daily management of the RSChS at all levels of data on potentially dangerous objects, infrastructure facilities that ensure the vital activity of the population (gas pipelines, water pipelines, electrical networks, etc.);

2) to monitor the hydrological, meteorological, ecological, geophysical and other types of conditions, including the results of processing data from remote sensing of the Earth (RS data) from space;

3) analyze the existing risks in the territories of the Russian Federation, including modeling the consequences of emergencies associated with:

– flooding (flooding) of territories (based on orthophotomaps and digital elevation models built on the basis of the results of planned and operational aerial photography);

– explosions in buildings and structures;

– landscape (natural) fires;

4) develop proposals based on the analyzed data for a set of preventive measures.

The subsystems included in the IS «Atlas of Hazards and Risks» expand its capabilities in solving problems of preventing and eliminating emergencies.

These subsystems are:

1. A subsystem for notification of thermal points of the IS «Atlas of Hazards and Risks», including an information portal and a mobile application «Thermal points».

This system continuously receives remote sensing data from spacecraft of both domestic (Roscosmos) and foreign constellations (European Space Agency, National Oceanic and Atmospheric Administration, NASA). In automatic and semi-automatic modes, it processes the received data, as a result of which landscape (natural) fires are detected on the territory of the Russian Federation, in order to further respond to them and eliminate the consequences.

2. A subsystem for automated accounting of indicators of operational information of the IS «Atlas of Hazards and Risks» «Knowledge Base», which allows, in a single information field, to collect and summarize information used by specialists of the EMERCOM of Russia in the prevention and elimination of emergencies.

The «Knowledge Base» consists of the following modules:

– «Incidents (ES)» – maintaining official and operational statistical records of emergencies and their main parameters;

- «Forces and means» – maintaining information on the composition of the forces and means of the EMERCOM of Russia;
- «Incidents on the water» – maintaining statistics of incidents on the water;
- «Information about winter roads, ice crossings and places of mass exit of people on the ice» – collection of information on the planned opening, open and closed ice crossings and winter roads, as well as information on places where people go on the ice and incidents on them;
- «Measures for the neutralization, destruction of explosive objects»;
- «EOP» – input of the parameters of the daily operational forecast of the occurrence and development of emergencies on the territory of the Russian Federation;
- «TV stories», «Trolling lines on TV» – collection of information on media coverage of the activities of the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia, etc.

The use of the above functionality of the AIMS RSChS can be subjected to the following attack models:

- 1) using vulnerabilities related to network infrastructure;
- 2) using a vulnerability with the threat of using an insufficient level of software code fixes;
- 3) using a vulnerability in the configuration of a server configured according to the «general type»;
- 4) using a vulnerability associated with the use of standard software and proprietary software;
- 5) using «sonic attacks».

Research results and their analysis

The analysis showed that it is necessary to conduct a more detailed analysis related to the import substitution of proprietary software used in the work of the AIMS RSChS [3]. Taking into account the fact that in their service during the ATS, the specialists of the Russian Emergencies Ministry use the following departmental information systems:

- GIS «Obzor»;
- SAUR (calculation of the consequences of explosions and landscape (natural) fires);
- Superset data visualization system;

as well as foreign-made software:

- Marinetraffic (provides real-time information on the movement of ships and the current location of ships in harbors and ports);
- Flightradar24 (allows you to monitor the position of aircraft in real time);
- Sentinel-browser (provides high resolution satellite imagery);
- WINDY (allows you to forecast the weather around the world);
- Ventusky (displays maps of winds, precipitation and temperatures),

the need for such studies is obvious in order to exclude software failures during emergency response or during emergency rescue operations.

Conclusion

In conclusion, it would be necessary to focus on the need to develop software presented in [4–10] to analyze and assess the risks of possible ways to identify cyber threats associated with the use of foreign-made equipment and software in the information systems of the EMERCOM of Russia, including the use foreign satellites.

References

1. On the unified state system for the prevention and elimination of emergency situations: Decree of the Government of Ros. Federation of 30 Dec. 2003 № 794. Access from the information and legal portal «Garant».
2. On putting into permanent (industrial) operation and approval of the Regulations about the multi-level segment of the AIMS RSChS-2030 at the federal, interregional and regional levels:

order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 1 October. 2019 № 549. Access from the information and legal portal «Garant».

3. Voronin D.A. Modified AprioriAll algorithm for searching for sequential patterns // In the world of scientific discoveries. 2011. № 8 (20). P. 136–145.

4. Seven steps of a cyberattack: from intelligence to damage. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/338889-sem-shagov-kiberataki-ot-razvedki-do-ushcherba> (date of access: 03.02.2023).

5. Srikant R., Agrawal R. Mining Sequential Patterns: Generalizations and Performance Improvements / R. Srikant, // In Proc. Int'l Conf Extending Database Technology. 1996. P. 3–17.

6. Matveikin V.G., Dmitrievsky B.S., Lyapin N.R. Information systems of intellectual analysis. M.: Mashinostroenie, 2008. 92 p.

7. Ugrinovich N.D. Informatics and information technologies. M.: Basic Knowledge Laboratory, 2001. 464 p.

8. Bass L., Clements P., Kazman R. Software Architecture in Practice. 2Ed. Addison Wesley, 2003. 528 p.

9. Mao Y. User Interface Evaluation with Machine Learning Methods. Ann Arbor: University of Michigan, 2019. 143 p.

10. Dromey G.R. A model for software product quality // Transactions of Software Engineering. 1995 Vol. 21. P. 146–162.

Information about the article: the article was received by the editors: 07.03.2023;
accepted for publication: 10.03.2023

Information about the authors:

Vorontsova Anna A., associate professor of department of applied mathematics and information technologies, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), candidate of physical and mathematical sciences, e-mail: annavorontsova@msn.com

Putintseva Elizaveta N., cadet Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149) e-mail: karezinaliza@yandex.ru

Lobova Sofya F., senior researcher of department of innovative and information technologies in expertise of fires, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), e-mail: ficentre@igps.ru

Scientific article

UDK 338.27

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE AND NOISE IMMUNITY OF THE FORECASTING ALGORITHM USING THE PRINCIPLE OF SELF-ORGANIZATION

Labinskiy Alexander Yu.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
labinskiy.a@igps.ru

Abstract. The article presents the results of analysis of performance and noise resistance of the algorithm of forecasting using the principle of self-organization. The influence of the type of the search function and the nature of noise of source data on the performance of the prediction algorithm is considered. To prepare an array of test data used to analyze the performance of the IHA object modeling algorithm, a computer program was created that allows you to choose test dependencies that are monotonously increasing, monotone decreasing and periodic functions. The program allows graphical interpretation of the source data set. It formulates the concept of noise immunity of the algorithm of modeling, including the value of the indicator of noise intensity. For the production of the noise source data, the computer program was used, allowing to choose the laws of distribution of random quantity (uniform, normal, exponential and Reley), as well as the size of maximum amplitude of perturbations. The program allows to represent the noise data in graphic form. The results of calculations on noise of experimental data for the specified laws of random noise distribution are presented, which showed a negligible influence of the nature of noise pollution on the error of calculation by the algorithm.

Keywords: prognosis mathematical models, self-organisation, argument group consideration method, capacity for work, noise immunity

For citation: Labinsky A.Yu. Analysis of the performance and noise immunity of the forecasting algorithm using the principle of self-organization // Monitoring and expertise in safety system. 2023. № 1. S. 119–123.

Introduction

In order to reduce technogenic risks and improve the efficiency of the activities of units of the Ministry of Emergency Situations of Russia, it is of great importance to determine the patterns of occurrence of emergency situations (ES) and the creation of mathematical models of a system for predicting the occurrence of emergencies at facilities [1, 2].

Methods of self-organization or methods of group accounting of arguments (MGUA) are aimed at the all-round reduction of the necessary a priori information entered by a person into a computer [3]. The main thing is to specify the criterion for the selection (selection) of the model. Next, the computer finds the only model of optimal complexity by enumerating a large number of models according to a given criterion.

The principle of self-organization lies in the fact that with the gradual complication of models, some criteria (external additions) pass through a minimum. The depth of the minimum can be considered as a measure of the success of the simulation and the reliability of the model [4].

Problem statement: Develop computer models that implement the processes of preparing an array of test data, as well as preparing an array of noisy initial data with the ability to choose the laws of distribution of a random variable and the magnitude of the maximum amplitude of disturbances. The topic of the article is relevant, since the creation of predictive mathematical models can reduce the risks of emergencies by reducing the likelihood of their occurrence.

The novelty of the study lies in the development of two computer models that implement the process of choosing test dependencies, which are monotonically increasing, monotonically decreasing and periodic functions, and the process of preparing noisy initial data with the possibility of choosing the law of distribution of a random variable (uniform, normal, exponential and Rayleigh) and the magnitude of the maximum amplitude of disturbances.

Simulation algorithm performance

The noise immunity of an algorithm is understood as the ability of a method to find the true structure of some given (test) function from noisy data.

In this computational experiment, a number of linear functions with covariance are selected. For some values of the variables, the values of the function are calculated

and summed up with noise values (continuous random variables distributed according to a given law). Thus, the noise immunity of an algorithm is the ability to restore the structure of a linear equation with covariance of variables as the noise intensity increases to a certain limit value.

To analyze the performance of the algorithm for modeling MGUA objects, a number of computational experiments were performed [5–7]. As part of the experiments, two series of test dependencies were selected, which are monotonically increasing, monotonically decreasing and periodic functions.

To prepare an array of test data, a computer program was created, the interface of which is shown in Fig. 1.

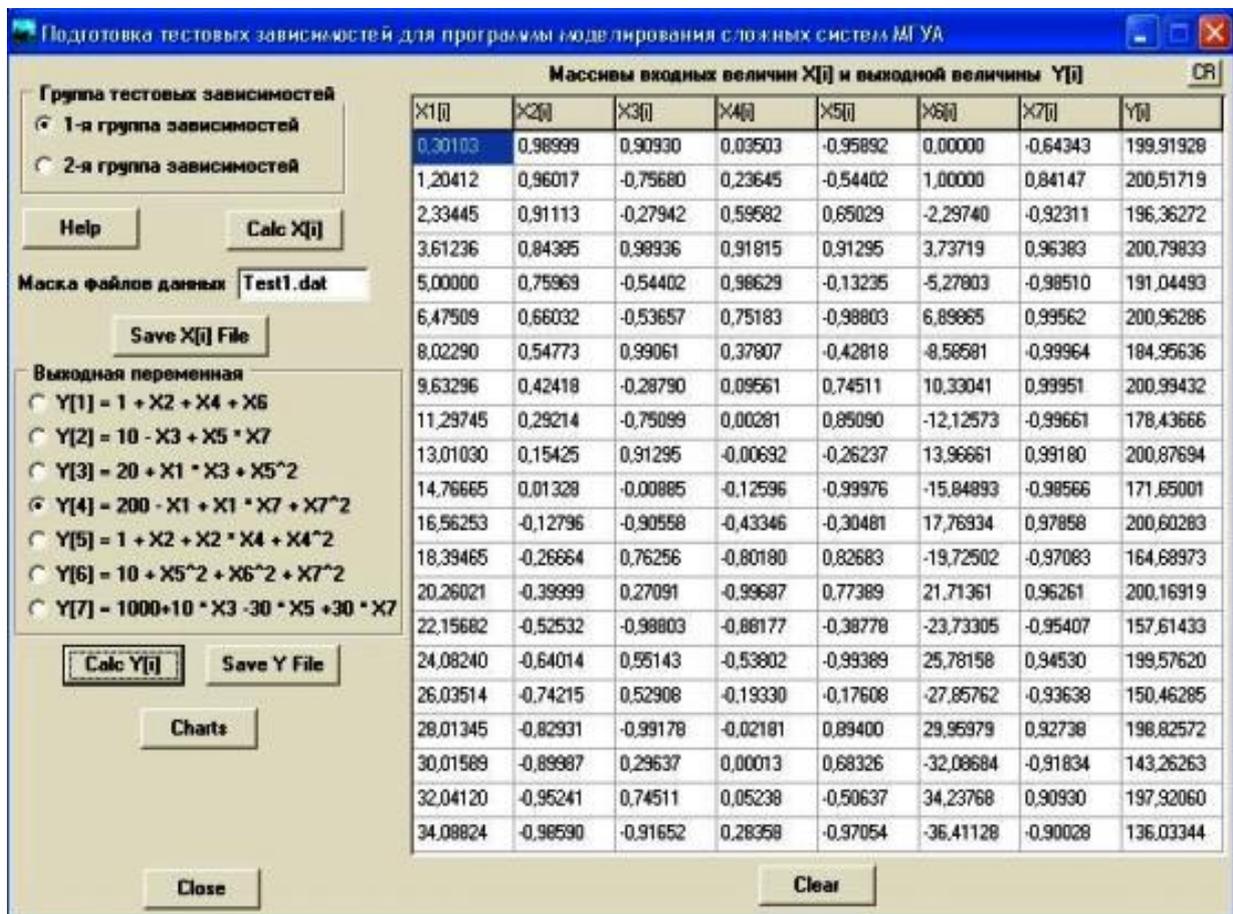


Fig. 1. Program for preparing an array of test data

The program allows you to make a graphical interpretation of the array of initial data, shown in Fig. 2.

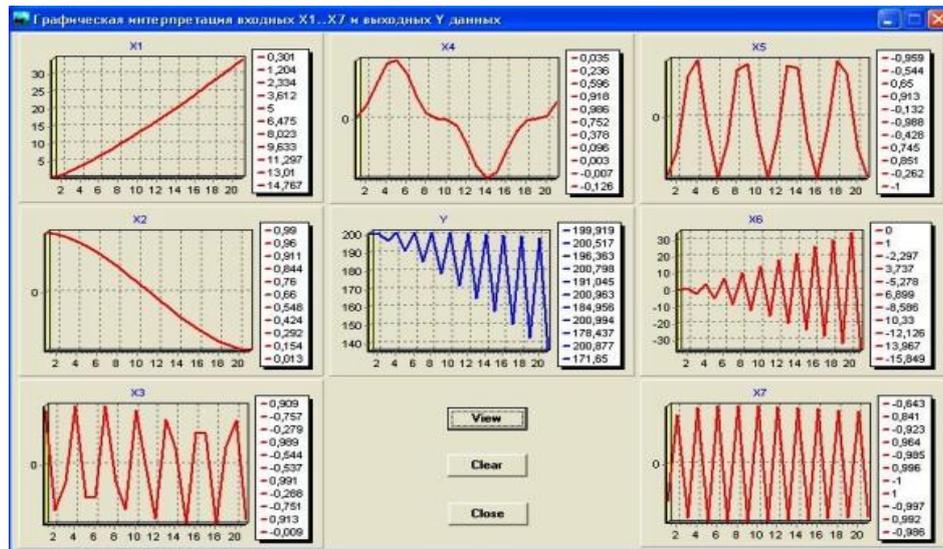


Fig. 2. Graphical interpretation of initial data

The following dependencies were chosen as the first group of test dependencies in the form of monotonically increasing, monotonically decreasing and periodic functions:

$$\begin{aligned} X_1 &= \text{Log}_{10}(2 * Z) * Z; & X_2 &= \text{Cos}(3 * Z) * (-1)^Z; & X_3 &= \text{Sin}(2 * Z); \\ X_4 &= [\text{Sin}(Z/3)]^3; & X_5 &= \text{Sin}(5 * Z); & X_6 &= [(Z-1)^{1,2}] * (-1)^Z; \\ X_7 &= \text{Sin}[\text{Log}_{10}(5 * Z)] * (-1)^Z; & & & & Z = 1 \dots 21. \end{aligned}$$

As the second group of test dependencies in the form of monotonically increasing, monotonically decreasing and periodic functions, the following dependencies were chosen:

$$\begin{aligned} X_1 &= 2 * e^{-Z}; & X_2 &= \sqrt{(Z) - \text{Cos}(Z)}; & X_3 &= 0,25 * Z * \text{Sin}(Z/2); \\ X_4 &= \text{Cos}(Z/2) * e^{-Z/2}; & X_5 &= 2 * \text{Ln}(Z/2) / Z; & X_6 &= \text{ArcCos}[\text{Cos}(Z/2)]; \\ X_7 &= 1 / [1 + (Z/2)^2]; & & & & Z = 1 \dots 21. \end{aligned}$$

Values $Y_i = f(X_i)$ were calculated using the following dependencies:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 1 + X_2 + X_4 + X_6; & Y_2 &= 10 - X_3 + X_5 * X_7; & Y_3 &= 20 + X_1 * X_3 + X_5 * X_5; \\ Y_4 &= 200 - X_1 + X_1 * X_7 + X_7 * X_7; & Y_5 &= 1 + X_2 + X_2 * X_4 + X_4 * X_4; \\ Y_6 &= 10 + X_5 * X_5 + X_6 * X_6 + X_7 * X_7; & Y_7 &= 1000 + 10 * X_3 - 20 * X_5 + 30 * X_7. \end{aligned}$$

The mathematical model of the object was described as a polynomial with covariances (scalar products $X_i * X_j$) and a quadratic description (up to 7 unknowns):

$$Y_i = A_{0ij} + A_{1i} * X_i + A_{1j} * X_j + A_{ij} * X_i * X_j + A_{ii} * X_i^2 + A_{jj} * X_j^2,$$

where $i, j = 1 \dots 7$.

When calculating the calculation error, the following quantities were used:

$$\text{– dispersion } \sigma_{cp} = \sqrt{[\sum (Y_{sj} - Y_{pj})] / N},$$

where Y_{sj} и Y_{pj} – experimental and calculated values, N – sample size of experimental data;

$$\text{– average relative error } \delta_{cp} = [\sum (Y_{pj} - Y_{sj})] / (N * Y_{sj}),$$

where Y_{pj} и Y_{sj} – calculated and experimental values.

The calculation results showed that in the presence of non-noisy values of the experimental data, the GMDH algorithm has structural convergence, that is, it finds the true structure of the desired type of function and, in addition, with a sufficient degree of accuracy determines the values of the coefficients A_{ij} .

However, the influence of the type of the desired function was revealed, namely, the value of the value of the free term A_0 , on the structural convergence of the algorithm (dependencies for Y_1 and Y_5).

Noise immunity of the simulation algorithm

The noise immunity of an algorithm is understood as the ability of a method to find the true structure of some given (test) function from noisy data.

That is, in the process of conducting a numerical experiment, a number of functions of the form $Y_i = A + X_i + X_i * X_j$.

In some implementations of X_i , the values of Y_i are calculated and added to the noise values (continuous random variables distributed according to a given law). The noise intensity indicator is the value:

$$\rho = \sqrt{\{[\sum (\varepsilon_i)^2] / [\sum (Y_i)^2]\}},$$

where ε_i – random perturbation ($Y_i = Y_i + \varepsilon_i$).

Thus, noise immunity is understood as the ability to restore the structure of the equation $Y_i = A + X_i + X_i * X_j$ with increasing noise intensity value ρ up to some limit value.

To prepare the noisy initial data, a computer program was used that allows one to choose the laws of distribution of a random variable (uniform, normal, exponential, and Rayleigh), as well as the value of the maximum amplitude of disturbances. The program interface is shown in Fig. 3:

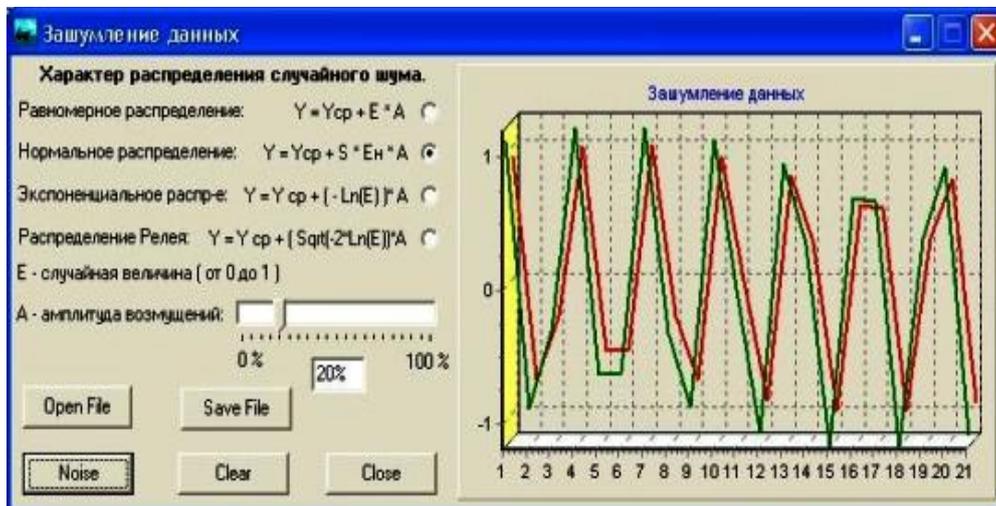


Fig. 3. Noisy data preparation program

The data were noisy using continuous random variables with the following distribution laws:

1. Uniform distribution.

Probability density: $\varphi(x) = 1 / (B - A)$, $A \leq X \leq B$.

The random variable is determined by the formula: $X = (B - A) * P + A$, where P – random variable uniformly distributed in the interval from 0 to 1.

2. Normal distribution.

Probability density:

$$\varphi(X) = [1 / (\sqrt{6.28 * \sigma})] * \text{Exp}[-(X - X_0)^2 / (2 * \sigma^2)]$$

The random variable is determined by the formula: $X = \sigma * P + X_0$, where σ – standard deviation, $P = (\omega_n^3 - 3 * \omega_n) / (20 * n)$, $\omega_n = m / n$ – test frequency.

3. Exponential Distribution.

Probability density: $\varphi(X) = \lambda * e^{-\lambda * X}$,

where $X > 0$ и $\lambda > 0$.

The random variable is determined by the formula: $X = -\text{Ln}(P) / \lambda$.

4. Rayleigh distribution.

Probability density: $\varphi(X) = [X / (\sigma^2)] * \text{exp}[-(X^2) / (2 * \sigma^2)]$.

The random variable is determined by the formula: $X = \sqrt{[-2 * \ln(P)]}$.

The results of computational experiments showed that with significant data noise (noise intensity over 50 %), the GMDH algorithm in most cases (except for dependency $Y_1 = 1 + X_2 + X_4 + X_6$) has weak structural convergence, that is, it cannot find the structure of the desired type of function. In the case of dependence Y_1 , the GMDH algorithm cannot find a solution (looping the program) [8–12].

Next, calculations were performed on the noise of experimental data for other random noise distribution laws: normal, exponential, and Rayleigh. The calculation results showed that the nature of the noise (uniform, normal, exponential and Rayleigh distributions) has little effect on the calculation errors using the GMDH algorithm.

Conclusion

The calculation results show that in the presence of weakly noisy experimental data values (noise intensity no more than 20 %), the GMDH algorithm has structural convergence, that is, it finds a structure close to the structure of the desired type of function and, in addition, determines the values of the coefficients A_{ij} .

References

1. Reliability of technical systems and technogenic risk / V.S. Artamonov [et al.]: textbook. SPb.: S.-Peter. un-t GPS EMERCOM of Russia, 2007.
2. Labinsky A.Yu., Podrzhkina T.A. Reduction of technogenic risks through the use of predictive mathematical models // Natural and technogenic risks. 2013. № 3.
3. Ivakhnenko A.G. Long-term forecasting and control of complex systems. Kyiv: Technique, 1995.
4. Ivakhnenko A.G., Yurachkovsky Yu.P. Simulation of complex systems according to experimental data. M: Radio and communication, 1997.
5. Smetanin Yu.V., Labinsky A.Yu. Application of mathematical modeling of objects of automated systems by the method of group accounting of arguments in order to ensure the integrity of information in conditions of a high level of interference // Information security of regions of Russia: materials of scientific. tech. conf. SPb.: S.-Peter. in-t informat. and automatic. RAN, 2001.
6. Labinsky A.Yu., Smetanin Yu.V., Primakin A.I. Application of visual programming tools for solving problems of mathematical modeling of objects by the method of group accounting of arguments. Collection of works. SPb.: S.-Peter. un-t GPS EMERCOM of Russia, 2001. № 12.
7. Labinsky A.Yu. Forecasting using self-organization methods // Supervisory activity and forensic examination in the security system. 2022. № 4. P. 22–27.
8. Ivakhnenko A.G. Include Method of Models Self-organisation for Complex System // Cybernetics and Fore casting technique. 2017. № 5.
9. Beer S. Argument group consideration method. Cybernetics and Management. London, 2015.
10. Gabour D. Perspective of Planing. London, 2016.
11. Schmidhunder J. Deep Learning in neural networks // Neural Networks. 2015. № 6.
12. Takao S., Kondo S. Deep feedback neural network // Artificial Life and Robotics. 2018. № 5.

Information about the article: the article was received by the editors: 30.01.2023;
accepted for publication: 08.02.2023

Information about the authors:

Labinsky Alexander Yu., associate professor of department of applied mathematics and information technologies Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: Labinsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>

**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
имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»**

Federal state budgetary educational institution of higher education
«Saint-Petersburg university of the State fire service of the Ministry of the Russian Federation
for civil defense, emergencies and disaster relief
named after Hero of the Russian Federation army general E.N. Zinichev»

Научно-аналитический журнал
Scientific and analytical magazine

**Надзорная деятельность и судебная экспертиза
в системе безопасности**
Monitoring and expertise in safety system

№ 1–2023

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-57194 от 11 марта 2014 г.
Registration certificate PI № FS 77-57194 dated March 11, 2014.

Выпускающий редактор Г.Ф. Сулова
Editor G.F. Suslova

Подписано в печать 25.03.2023. Формат 60×841/8. Усл.-печ. п.л. 15,5. Тираж 1000 экз.
Passed for printing 25.03.2023. Format 60×841/8. Tentative printed sheets 15,5 Circulation 1000 copies.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.
Printed in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
196105, Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, № 149