

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
№ 2–2026

Редакционный совет

Председатель – доктор 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**, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.

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, 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, 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. Зволена (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 – подполковник юстиции **Дмитриева Ирина Владимировна**, старший редактор редакционно-издательского и информационно-библиотечного отдела Санкт-Петербургской академии Следственного комитета Российской Федерации.

Члены редакционной коллегии:

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

подполковник внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший специалист по пожарной безопасности Ленинградского областного филиала Санкт-Петербургского университета МВД России;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Бельшина Юлия Николаевна**, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

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 Кيونгил (Республика Корея);

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

Секретарь коллегии:

подполковник внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

СОДЕРЖАНИЕ

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Оксаниченко А.А., Скрипка А.В. Интеграция системы общественного контроля с государственным надзором как фактор снижения травматизма при открытой разработке месторождений 4

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Осипчук В.И., Ивахнюк С.Г., Скуковский А.Г. Вопросы разработки системы менеджмента качества для судебно-экспертных учреждений, выполняющих инженерно-технические экспертизы 8

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Мещеряков И.В., Константинова А.С. Исследование зависимости разрушения газонаполненной пены на основе порошка СФ-2У от температуры окружающей среды 20

Хомицкий С.А., Кузьмина Т.А. Деятельность ВГСЧ в системе предупреждения и тушения пожаров..... 28

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Демидов Н.Д., Сорокин И.А., Емельянова А.Н. Повышение безопасности технологических процессов нефтегазового комплекса в условиях криогенного воздействия ... 33

ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

Лабинский А.Ю. Информационные технологии в комбинаторике и моделировании случайных величин 38

Авторам журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности»..... 45

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) 645-20-55, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальные интернет-сайты научно-аналитического журнала: ND.IGPS.RU, <http://journals.igps.ru>.

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

НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Аналитическая статья

УДК 622.87:331.45; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-4-7

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ С ГОСУДАРСТВЕННЫМ НАДЗОРОМ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

✉ Оксаниченко Александр Александрович¹;

Скрипка Александр Владимирович.

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

✉ sashaoks2004@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема высокого уровня производственного травматизма на объектах открытой разработки месторождений в России. На основе анализа статистических данных и научных публикаций за последние годы выявлены основные причины аварийности, среди которых доминируют организационные факторы и недостаточная эффективность существующей системы контроля. Обосновывается необходимость интеграции государственного надзора с институтами общественного контроля как перспективного направления повышения безопасности горных работ. Предложены концептуальные механизмы синергии надзорных и общественных институтов, включая создание совместных комиссий, законодательное закрепление прав общественных инспекторов и внедрение цифровых платформ мониторинга. Реализация данных мер позволит обеспечить системную профилактику нарушений и существенно снизить уровень травматизма в отрасли, повысив культуру безопасности в горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: открытая разработка месторождений, производственный травматизм, государственный надзор, общественный контроль, промышленная безопасность, интеграция систем контроля, профилактика травматизма, Ростехнадзор

Для цитирования: Оксаниченко А.А., Скрипка А.В. Интеграция системы общественного контроля с государственным надзором как фактор снижения травматизма при открытой разработке месторождений // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 4–7. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-4-7

Введение

Обеспечение промышленной безопасности и снижение травматизма остаются приоритетными задачами минерально-сырьевого комплекса России. Открытая разработка месторождений сопряжена с воздействием на работников множества опасных факторов, что подтверждается статистикой последних лет. Традиционная модель государственного надзора, дополненная производственным контролем, не всегда позволяет своевременно выявлять нарушения организационного характера, являющиеся корневой причиной большинства инцидентов. В этой связи актуальным становится вопрос интеграции государственного надзора с системой общественного контроля, способной обеспечить независимую оценку и оперативное реагирование непосредственно на рабочих местах. Целью данной статьи является обоснование необходимости такой интеграции и разработка практических механизмов её реализации.

Основная часть

Анализ причин несчастных случаев на объектах горной промышленности России показывает, что до 90 % травм и аварий происходит вследствие неправильных действий персонала, причем около 60 % вызваны ошибочными представлениями о реальном уровне опасности. Наиболее травмоопасным процессом в карьере является технологическое транспортирование: 42,6 % аварий происходит в местах концентрации грузопотоков, 38,6 % происшествий на транспорте обусловлены нарушениями правил движения. Основными причинами травматизма остаются падение автотранспорта с уступов, наезды на персонал, выпуск на линию технически неисправных машин, низкий уровень трудовой и технологической дисциплины, а также недостаточная эффективность системы производственного контроля на опасных объектах [1].

Современные данные по Магаданской области подтверждают эти выводы: в 2025 году основными причинами легких несчастных случаев названы неосторожность работника (50 %) и неудовлетворительная организация производства работ, выразившаяся в необеспечении контроля со стороны руководителей (20 %). Для снижения травматизма в регионе рекомендовано усилить контроль за технологической дисциплиной, исключить формальное проведение проверок и усилить контроль за работой должностных лиц [2]. Исследователи отмечают, что за десятилетний период не произошло значительного снижения риска возникновения аварий и несчастных случаев, что свидетельствует о наличии нерешенных проблем в области охраны труда [3]. Работы других авторов также подтверждают необходимость совершенствования государственной политики в области промышленной безопасности [4, 5]. Оценка профессиональных рисков на предприятиях Иркутской области показывает, что максимальное их количество наблюдается именно у горнорабочих открытых разработок, машинистов экскаваторов и большегрузных автомобилей [6, 7].

Текущее состояние государственного надзора в горной промышленности характеризуется повышенным вниманием со стороны Ростехнадзора. В феврале 2024 года ведомство предотвратило 18 серьезных аварий на угледобывающих предприятиях Кемеровской области. По данным Росстата, производственный травматизм в России снижается: число пострадавших уменьшилось с 40,4 до 20,3 случая на 1 тысячу человек за 10 лет. Однако потенциал снижения травматизма за счет более тесного взаимодействия с общественными институтами остается нереализованным [8]. В соответствии с Федеральным законом № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», объекты открытой разработки являются подконтрольными Ростехнадзору, но формальный подход к проверкам со стороны служб производственного контроля снижает их эффективность. Материальный ущерб от аварий в горнорудной промышленности может быть колоссальным: в 2006 году он составлял 1109,8 млн руб., что подчеркивает важность профилактической работы [9].

Общественный контроль в сфере охраны труда может реализовываться через профсоюзы, уполномоченных по охране труда и комитеты по охране труда. Трудовой кодекс РФ предоставляет профсоюзам значительные полномочия, но на практике их потенциал используется не в полной мере из-за формального подхода, недостаточной правовой защиты и слабой методической поддержки. Интеграция общественного контроля с государственным надзором предполагает создание системы, в которой результаты общественных проверок будут иметь обязательный для рассмотрения характер и служить основанием для внеплановых проверок Ростехнадзора. Государственные инспекторы, обладая властными полномочиями, могут опираться на информацию от общественных структур для более точного планирования мероприятий. Общественные инспекторы, действуя непосредственно в трудовых коллективах, способны выявлять «предвестники» аварий — мелкие нарушения дисциплины и небезопасные приемы работы, создающие высокий риск травматизма.

Механизмы такой интеграции могут быть разнообразными. Во-первых, создание совместных комиссий с участием Ростехнадзора, профсоюзов и работодателей для

расследования несчастных случаев и анализа микротравм. Во-вторых, законодательное закрепление права общественных инспекторов направлять материалы в надзорные органы с обязательством их рассмотрения. В-третьих, внедрение совместного мониторинга с использованием цифровых технологий, когда информация о нарушениях передается работодателю для немедленного устранения и аккумулируется в надзорных органах для анализа рисков. Особую значимость интеграция приобретает в условиях изменения нормативной базы. Вступление в силу новых методик специальной оценки условий труда и новых правил по охране труда требует общественной экспертизы их реализации на местах.

Общественный контроль способен выполнять функцию обратной связи, демонстрируя реальную картину применения новых нормативов на местах. Снижение уровня травматизма несет в себе выраженный экономический резон: объем прямых финансовых потерь от инцидентов (порча оборудования и компенсационные издержки) может быть радикально сокращен. Финансирование механизмов общественного надзора и их сопряжения с деятельностью госорганов следует рассматривать как вложение в бесперебойность производственного цикла. Однако для полноценного внедрения данной модели предстоит разрешить ряд проблем. Необходимо на законодательном уровне конкретизировать полномочия и правовую защиту общественных инспекторов. Требуется создание единых методических подходов к координации работы специалистов по охране труда, профсоюзных ячеек и инспекторов Ростехнадзора. Приоритетными задачами остаются обучение кадров общественного контроля и запуск информационных цифровых сервисов, обеспечивающих оперативный обмен данными [10].

Заключение

Подводя итог, следует отметить, что объединение возможностей общественного надзора с деятельностью государственных контролирующих структур в сфере открытых горных работ выступает значимым резервом для сокращения числа несчастных случаев на производстве. Изучение факторов, приводящих к аварийным ситуациям, убедительно свидетельствует о преобладании управленческих просчетов и влияния поведенческих аспектов персонала. Для нейтрализации этих угроз требуется регулярный мониторинг, не зависящий от административного ресурса предприятия. Совместная работа инспекций и представителей общественности позволит наладить выявление критических отклонений от норм безопасности на этапе их зарождения. Результатом такого взаимодействия станет не только количественное уменьшение травматизма, но и качественное укрепление культуры безопасного труда в добывающем секторе.

Список источников

1. Сыромятников Д.Б., Гридина Е.Б., Ястребова К.Н. Основные причины аварийности и травматизма на объектах открытых горных работ в России и пути их устранения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 12. С. 405–413.
2. В горнодобывающих организациях Магаданской области рекомендуют провести профилактические мероприятия по снижению травматизма // Официальный сайт мэрии города Магадана. 2025. 15 авг. URL: https://magadangorod.ru/press/news/index.php?id_4=102570 (дата обращения: 11.03.2026).
3. Анализ производственного травматизма и аварийности в горнорудной и нерудной промышленности / Г.В. Стась [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2011. № 2. С. 195–202.
4. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом / О.А. Лубенская [и др.] // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 140–144.
5. Мурзин М.А. Оценка профессиональных рисков горнодобывающих комплексов Иркутской области // Аккредитация в образовании. 2013. № 7 (123). С. 42–45.

6. Климова Е.В., Лубенская О.А. Анализ производственного травматизма на предприятиях открытой добычи полезных ископаемых // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2014. № 2. С. 78–83.

7. Пушкарев А.Е., Стась Г.В. Совершенствование системы управления промышленной безопасностью на горных предприятиях // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 5. С. 45–49.

8. Кислицына А. Безопасность и охрана труда в горной промышленности в 2024 году // Глобус: геология и бизнес. 2024. 18 марта. URL: <https://www.vnedra.ru/bezopasnost/bezopasnost-i-ohrana-truda-v-gornoj-promyshlennosti-v-2024-godu-24284/> (дата обращения: 11.03.2026).

9. Стась Г.В., Сарычев В.И., Пушкарев А.Е. Производственный травматизм и аварийность в горнорудной и нерудной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2012. № 1. С. 186–192.

10. Гришин В.Н., Петров И.А. Цифровые технологии в системе мониторинга промышленной безопасности // Горный журнал. 2024. № 3. С. 45–50.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 10.06.2026; принята к публикации: 14.06.2026

Информация об авторах:

Оксаниченко Александр Александрович, обучающийся 4 курса факультета экономики и права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sashaoks2004@yandex.ru.

Скрипка Александр Владимирович, Заведующий кафедрой горноспасательного дела и взрывобезопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: skripka.a@igps.ru, SPIN-код: 3543-5366

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Аналитическая статья

УДК 658.5; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-8-19

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ДЛЯ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ

Осипчук Валерия Игоревна;

✉Ивахнюк Сергей Григорьевич.

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

Скуковский Анатолий Геннадьевич.

Санкт-Петербургская академия СК России, Санкт-Петербург, Россия

✉sgi78@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждены вопросы эффективного управления, поддержания высокого уровня компетенций экспертов, а также повышения достоверности и обоснованности выводов экспертных заключений, актуальные для любых экспертных учреждений вне зависимости от их организационно-правовой формы и ведомственной принадлежности. Приведены практические предложения по вопросам формирования организационно-управленческих решений, а также методов, процессов и ресурсов, применяемых в целях повышения качества судебно-экспертной деятельности, необходимых для создания условий эффективного обеспечения правосудия. В статье предложен авторский подход к вопросам разработки системы менеджмента качества для судебно-экспертных учреждений, выполняющих инженерно-технические экспертизы, с учетом выявленной специфики их производства.

Ключевые слова: система менеджмента качества, риск-ориентированный подход, судебная экспертиза, инженерно-техническая экспертиза, судебно-экспертные учреждения

Для цитирования: Осипчук В.И., Ивахнюк С.Г., Скуковский А.Г. Вопросы разработки системы менеджмента качества для судебно-экспертных учреждений, выполняющих инженерно-технические экспертизы // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 8–19. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-8-19

Введение

Процессы практического внедрения механизмов менеджмента качества в деятельность судебно-экспертных учреждений (далее – СЭУ) в нашей стране и за рубежом развивались на основе разных концепций. В СССР превалировал научный подход организации труда, представляющий собой процесс ее совершенствования на основе достижений науки и передового опыта.

В свою очередь за рубежом основной моделью обеспечения качества работы исследовательских и испытательных лабораторий, результаты деятельности которых являются фундаментом при производстве отдельных видов судебных экспертиз, была выбрана стандартизация и аккредитация. Именно этот подход стал превалировать в целях оптимизации и повышения эффективности деятельности СЭУ и в нашей стране с начала 2000-х годов.

В соответствии с ним система менеджмента качества (далее – СМК) является частью общей системы управления организацией, которая функционирует с целью обеспечения стабильного качества производимой продукции и оказываемых услуг с помощью определенной документации [1].

В соответствии с международным стандартом ISO 9001-2015, устанавливающим требования к СМК организации, необходима разработка достижимых целей, связанных с политикой качества, являющейся одним из главных и стратегических документов организации [2]. Этот документ позволяет определить главные основы и направления работы в области качества. На базе общей политики любое структурное или обособленное подразделение организации устанавливает собственные цели и задачи в области качества.

Какой-либо формализованный перечень обязательных к разработке и исполнению документов в стандарте ИСО 9001-2015 отсутствует. В свою очередь, документ обязует стандартизировать процессы, задокументировать СМК и выполнять разработанные и принятые нормы на практике. При этом систематизация процессов, а также внедрение подходов комплексного менеджмента и последующая сертификация требует значительной исследовательской и аналитической работы, проведения множества аудитов и, в целом, больших усилий со стороны разработчиков, так как каждая отдельная организация обладает целым рядом специфических особенностей и определенным набором обращающихся документов [3, 4].

Целью данной статьи являлось оказание содействия менеджменту организации в вопросах разработки научно обоснованных принципов создания СМК для экспертных учреждений, в задачи которых входит производство инженерно-технических экспертиз.

Аналитическая часть

Актуальность внедрения СМК в экспертных учреждениях обусловлена необходимостью обеспечивать надлежащее качество исполнения всех без исключения процедур судебно-экспертной деятельности. При этом производство судебных криминалистических экспертиз должно соответствовать действующим в Российской Федерации нормативным документам, определяющим требования к экспертным организациям, экспертам, осуществляемым ими процедурам, а также особенностям документооборота.

Инженерно-технические экспертизы (далее – ИТЭ) – класс судебных экспертиз, основанный на специальных технических знаниях, связанных с изобретением, разработкой, созданием, внедрением, эксплуатацией, ремонтом, обслуживанием и (или) улучшением техники, материалов или процессов, применимый для выявления соответствия объекта установленным требованиям [5].

К ИТЭ относят, в том числе, пожарно-технические, взрывотехнические, автотехнические и строительно-технические экспертизы. Их производство в СЭУ направлено на выявление фактов и обстоятельств произошедшего происшествия, определение причин возникновения недостатков, инцидентов и других проблем в процессе производства и эксплуатации сооружений, оборудования, механизмов. Ключевыми задачами ИТЭ также является установление причин технических неисправностей и аварий, анализ соответствия объектов нормативным требованиям, выявление дефектов, ошибок проектирования и эксплуатации, а также установление видовой и родовой принадлежности объектов исследования [6, 7, 8].

ИТЭ проводятся государственными экспертными организациями (судебно-экспертные учреждения и подразделения МЧС России, экспертно-криминалистические центры МВД России, центры судебных экспертиз при Минюсте, судебно-экспертные центры СК России и др.), частными экспертными организациями (например, независимые экспертные бюро), а также сертифицированными экспертами и инженерами с профильным образованием.

К специфике производства ИТЭ авторы считают важным отнести следующие основные моменты:

- высокие требования к базовому образованию эксперта (высшее техническое образование в области химии, физики, теплотехники, механики, строительства и пр.);
- значительная вероятность привлечения специалистов сторонних организаций, обладающих необходимыми для производства конкретной экспертизы компетенциями (например, специалист в области пожарной автоматики, устройства молниезащиты, артиллерии, беспилотных летательных аппаратов, технологии производства конкретного вида продукции и пр.);
- использование дорогостоящего аналитического оборудования (хроматографы, оптические и электронные микроскопы, спектрометры, газоанализаторы пр.);
- востребованность компетенций специалистов в области проведения осмотров мест происшествий (методическое и технико-криминалистическое обеспечение);
- проведение испытаний веществ и материалов в соответствии с действующими нормативными техническими документами;
- проведение натурных и модельных экспериментов в отношении объектов исследований различной природы;
- привлечение сторонних организаций для оказания дополнительных услуг (синтез взрывчатых веществ, изготовление макетов или моделей объектов исследования, предоставление макетов, испытательных стендов, полигонных площадок для проведения взрывных или огневых экспериментов);
- проведение работ с опасными веществами и материалами (взрывчатые вещества, горючие вещества, легковоспламеняющиеся жидкости, ядовитые вещества, биологические объекты, трупный материал и пр.).

К наиболее существенным особенностям ИТЭ, в том числе и для целей настоящей статьи, следует отнести:

- необходимость неукоснительного соблюдения базовых принципов общественной безопасности и личной безопасности эксперта при работе со специфическими объектами исследования, заключающаяся, в том числе, в обязательном привлечении специальных служб для предварительного исследования отдельных объектов экспертизы (инженеры-саперы, аварийно-спасательные формирования, санитарно-эпидемиологические службы и пр.);
- уникальность каждого исследования, обосновывающая необходимость индивидуального проектирования структуры заключения эксперта и распределения функционала между задействованными при его выполнении исполнителями.

Перечисленная специфика выполнения ИТЭ в обязательном порядке необходима к учету в вопросах создания СМК, так как способна оказывать существенное влияние на разработку процедур управления рисками.

В современном мире внедрения инноваций и оптимизации процессов, важно просчитывать каждый шаг управления, и управление рисками – в особенности. Одна из ключевых целей СМК состоит в том, чтобы она действовала как инструмент предупреждения. Понятие предупреждающего действия выражено через использование риск-ориентированного мышления при формулировке требований к системе менеджмента качества.

Но прежде чем приступить к выявлению и оценке рисков, в первую очередь, необходимо провести внутренний аудит процессов, реализуемых в организации, в том числе, в целях выявления существующих проблем. Для этого необходимо изучить отчетные документы, существующие методы измерения и мониторинга процессов, просчитать показатели их результативности, а также прописать порядки осуществления, что на начальном этапе подразумевает разработку процессной модели – совокупности процессов и взаимодействий между ними, результатом (выходом) которой является продукция (услуги), реализуемые потребителям, а входами – материальные, технические, информационные и трудовые ресурсы, получаемые от «поставщиков» [9].

Для понимания процессов, реализующихся в СЭУ, выполняющих ИТЭ, авторами была разработана процессная модель их производства (рис. 1).

Организационная структура процессов, реализующихся в экспертной организации, состоит из трех уровней. Четыре базовых процесса верхнего уровня: планирование, аудит и анализ экспертной деятельности, а также принятие управленческих решений представляют собой совокупность управленческих процессов, которые обеспечивают реализацию цикла Деминга (PDCA) [10]. Второй уровень разработанной процессной модели представляет собой основные укрупненные стадии последовательного производства судебных экспертиз, с учетом выявленной авторами специфики инженерно-технического направления. Третий уровень процессной модели раскрывает комплекс обеспечивающих процессов, необходимых к выполнению при производстве судебных экспертиз.

Среда организации	1. Процессы управления СЭУ					Удовлетворенность потребителей	
	Планирование экспертной деятельности	Аудит процессов производства экспертиз	Анализ процессов производства экспертиз	Принятие управленческих решений			
	2. Основные процессы производства экспертиз						
Требования потребителей	Приемка материалов на объект исследования	Оценка безопасности объектов исследования	Проектирование структуры заключения эксперта и распределение функционала	Проведение исследований, испытаний, экспериментов и пр.	Подготовка заключения эксперта	Сопровождение заключения эксперта (допросы эксперта, выступление в суде)	Продукция и услуги
3. Обеспечивающие процессы							
Ожидания заинтересованной стороны	Обучение и аттестация экспертов	Обеспечение оборудованием и расходными материалами	Обеспечение информационной средой	Управление производственной безопасностью	Финансовое обеспечение	Результаты СМК	

Рис. 1. Процессная модель производства ИТЭ

Организация должна способствовать повышению качества своей работы и добиваться устойчивого успеха за счет последовательного удовлетворения потребностей и ожиданий своих заинтересованных сторон (далее – ЗС) на долгосрочной основе. Для этого необходимо определить, какие из них представляют собой риск для ее устойчивого успеха при неудовлетворении их потребностей и ожиданий, а какие могут предоставить возможности для его повышения [11]. После определения соответствующих ЗС организации следует идентифицировать их потребности и ожидания и определить те из них, которые должны быть рассмотрены, а также установить процессы, необходимые для удовлетворения их потребностей и ожиданий.

С учетом изложенного авторами для исследуемого процесса были выявлены основные выгодоприобретатели, партнеры и другие ЗС, рассмотрены и проведен анализ их возможностей и получаемых предпочтений, а также предложены мероприятия по вовлечению заинтересованных сторон в организационные процессы и определены преимущества, получаемые СЭУ, которые сведены в табл. 1.

Для достижения результативности СМК применяется риск-ориентированное мышление. Концепция риск-ориентированного мышления подразумевает выполнение предупреждающих действий, направленных на исключение потенциальных, а также анализ любых возникающих несоответствий и принятие мер по предотвращению их повторения.

Таблица 1

Заинтересованные стороны процесса производства ИТЭ

Внешние ЗС	Возможности ЗС	Способы взаимодействия
Инициаторы экспертиз	Увеличение / уменьшение количества заданий на производство экспертиз	Назначение экспертиз. Рабочие встречи и совещания
Сторонние экспертные организации, лаборатории, Центры совместного использования аналитического оборудования	Предоставление специалистов с необходимыми компетенциями и квалификацией, аналитического и испытательного оборудования, систем хранения и обработки данных	Привлечение специалистов и материально-технической базы сторонних организаций
Научное сообщество	Внедрение полученных при производстве экспертиз результатов, обладающих научной новизной	Совместные НИР, ОКР, научные публикации. Использование полученных РИД
Отдельные заинтересованные лица (подозреваемый, обвиняемый, его защитник, потерпевший)	Положительное / отрицательное влияние на психологическое состояние эксперта при производстве экспертизы	Участие в экспертизе в качестве наблюдателя, дача объяснений эксперту
Поставщики оборудования	Новые образцы аналитического и испытательного оборудования	Разработка новых методик, применимых на предоставляемом оборудовании

Риск-ориентированное мышление, примененное в ИСО 9001-2015, обеспечивает возможность для снижения беспопелляционности требований и замене их на требования, основанные на реальной практике деятельности. С ведением стандарта появилось больше гибкости в требованиях к процессам, документированной информации и распределению ответственности в организациях [12].

Обращение к риск-ориентированному подходу при производстве любых судебных экспертиз убеждает в необходимости:

- при назначении экспертизы в производство конкретному эксперту учитывать все обстоятельства, способные привести к конфликту интересов;
- при производстве экспертиз уделять особое внимание вопросам получения дополнительных значимых материалов по исследуемому процессу или явлению в целях достижения достоверных, обоснованных и категоричных выводов в заключении эксперта;
- при поиске соисполнителей для подготовки разделов заключения эксперта фокусировать внимание на возможностях собственных подразделений и ведомственных организаций, предоставляющих услуги на безвозмездной основе.

В ходе исследования авторами выявлены базовые риски и возможности процесса производства ИТЭ, которые нашли свое отражение в табл. 2.

Таблица 2

Риски и возможности процесса

Наименование риска	Метод управления
Особая явная и скрытая опасность представленных объектов исследования	Не управляется
Отсутствие в штате СЭУ специалиста требуемой компетенции и квалификации	Управляется в системе управления рисками (СУР)
Отсутствие в распоряжении СЭУ необходимого испытательного и аналитического оборудования	Управляется в СУР
Поступление на экспертизу материалов об объекте исследования неудовлетворительного качества	Управляется в СУР
Отвод эксперта	Не управляется
Присутствие отдельных категорий заинтересованных лиц (подозреваемый, обвиняемый, его защитник, потерпевший, представитель) при производстве экспертизы	Не управляется
Наименование возможности	Ответственный за реализацию (пример)
Получение «лучших практик», применимых в вопросах методического обеспечения судебной экспертной деятельности	Отдел инновационных и информационных технологий
Получение «лучших практик», применимых в образовательной деятельности по направлениям судебной экспертной деятельности	Отдел организации подготовки экспертов
Налаживание долговременных взаимовыгодных отношений с новыми соисполнителями	Отдел обеспечения экспертной и научно-технической деятельности

Согласно стандарта ISO 9001-2015, организации должны не только выделять процессы согласно отраслевой специфике, но и обеспечить их взаимодействие, критерии результативности, ресурсы и мониторинг. Необходимо разработать систему мониторинга процессов менеджмента качества, представляющего собой непрерывное отслеживание состояния, анализ динамики реализации и прогнозирование развития основных производственных процессов. Предлагаемые авторами статьи методы измерения, мониторинга и контроля процесса производства ИТЭ, отражены в табл. 3.

Таблица 3

Методы измерения, мониторинга и контроля процесса

Методы	Кем выполняется (пример)
<i>методы измерения процесса</i>	
Расчет показателей результативности деятельности СЭУ (см. табл. 4)	Отдел инновационных и информационных технологий
<i>методы мониторинга процесса</i>	
Отчеты об экспертной деятельности СЭУ по заданиям органов предварительного расследования	Отдел инновационных и информационных технологий
Отчеты об экспертной деятельности СЭУ в рамках приносящей доход деятельности	Отдел обеспечения экспертной и научно-технической деятельности
Отчеты об экспертной деятельности СЭУ в рамках выполнения государственного задания	Отдел инновационных и информационных технологий
<i>методы контроля процесса</i>	
Входной контроль постановлений и материалов на объекты исследований	Отдел судебных экспертиз
Выходной контроль заключения эксперта	Начальник отдела судебных экспертиз

В стандартах ИСО серии 9000 одним из основных инструментов совершенствования деятельности организации в области качества является измерение результативности действующей СМК. Методика оценки результативности СМК не регламентируется какими-либо стандартами, поэтому каждая организация сталкивается с необходимостью выбора или разработки своего оригинального способа [13].

Авторами статьи разработаны базовые показатели результативности деятельности СЭУ, распределенные по группам для оценки: производительности деятельности СЭУ, завершенности процесса производства экспертизы и удовлетворенности внешнего потребителя (табл. 4).

Таблица 4

Базовые показатели результативности деятельности судебно-экспертных учреждений

Наименование показателя	Формула расчета и единицы измерения	Периодичность
Показатели для оценки продукции / услуг		
Коэффициент выполнения Плана государственного задания по направлению экспертной деятельности (бюджетная деятельность), Квп, %	$Квп = \frac{Nф}{Nпл} * 100\%$, где Nф – количество фактически выполненных экспертиз; Nпл – количество позиций в Плате государственного задания	ежемесячно
Коэффициент выполнения Плана финансовой деятельности по направлению экспертной деятельности (внебюджетная деятельность), Кпдд, %	$Кпдд = \frac{Dф}{Dпл} * 100\%$, где Dф – фактически полученный доход; Dпл – запланированный доход	ежемесячно
Показатели для оценки процесса		
Степень готовности заключения эксперта, Кгот, %	Кгот = суммарная степень готовности всех разделов заключения	за 3 дня до истечения срока производства экспертиз
Показатели для оценки удовлетворенности внешнего потребителя		
Количество экспертиз, признанных недопустимым доказательством, Кнд, %	$Кнд = \frac{Енд}{Еобщ} * 100\%$, где Енд – количество экспертиз, признанных недопустимым доказательством; Еобщ – общее количество выполненных экспертиз	ежегодно
Количество заключений экспертов, по которым выполнялись повторные экспертизы, Кпов, %	$Кпов = \frac{Епов}{Еобщ} * 100\%$, где Епов – количество заключений экспертов, по которым выполнялись повторные экспертизы; Еобщ – общее количество выполненных заключений экспертов	ежегодно

Предложенные показатели и установленные для них критерии результативности процессов должны пройти стадию согласования с внутренними и внешними потребителями процесса, после чего становятся обоснованием для выполнения процедур внесения изменений в организацию процесса и его регламентов.

Экспертные учреждения должны установить последовательность и взаимодействие процессов СМК, то есть построить правильную, логичную и позволяющую развиваться организационную структуру, а также определить, как процессы взаимодействуют между собой. Для демонстрации такого взаимодействия разрабатывают схемы, карты или матрицы взаимодействия. Они позволяют определить характеристики или требования к входным параметрам.

Для достижения целей настоящей статьи авторами разработан алгоритм производства ИТЭ, который представлен в виде функциональной блок-схемы (рис. 2), демонстрирующей

распределение подпроцессов между функционалом начальника СЭУ, начальника отдела судебных экспертиз, эксперта (ответственного исполнителя), соисполнителей, инициаторов экспертиз и отдельных заинтересованных лиц.

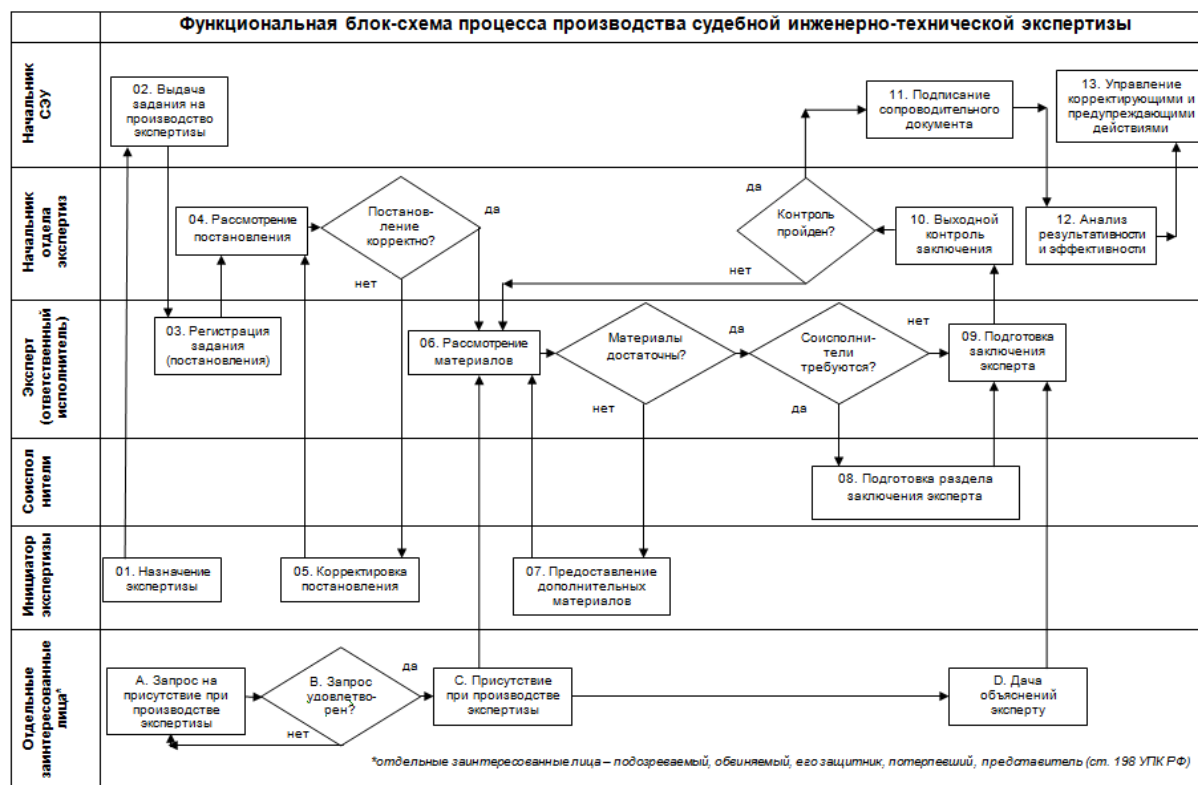


Рис. 2. Функциональная блок-схема процесса производства ИТЭ

Разработанный алгоритм в соответствии с требованиями ISO 9001-2015 реализует элементы цикла управления Деминга (PDCA) на 4 узловых стадиях:

- цикл с подпроцессами «04.» и «05.» – установление корректности исполнения постановления (формулировки вопросов, соответствие содержания фабуле происшествия, верность перечня предоставленных объектов и пр.);
- цикл с подпроцессами «06.» и «07.» – оценка достаточности и качества предоставленных материалов, в том числе, проверка наличия актов на проверку безопасности представленных объектов (например, от инженерно-саперных подразделений или санитарно-эпидемиологических станций);
- цикл с подпроцессами «08.» и «09.» – проверка на комплексность и необходимость привлечения соисполнителей, индивидуальное проектирование структуры заключения эксперта;
- цикл с подпроцессами с «06.» по «10.» – выходной контроль готового заключения эксперта.

Основными «входами» в процесс функционирования экспертных подразделений являются: задание на производство экспертизы, материалы дела на исследуемый процесс или явление, плановый показатель государственного задания на производство экспертиз, плановый показатель приносящей доход деятельности по направлению производства экспертиз. Результатами процесса будут выступать такие «выходы» как: заключение эксперта, приложения к заключению эксперта, обзоры о недостатках, выявленных на различных этапах производства экспертиз, отчеты о «лучших практиках» по результатам производства экспертиз, отчет о выполнении основных производственных показателях.

Разработанная авторами простая блок-схема процесса производства ИТЭ, определяющая входы и выходы подпроцессов, представлена на рис. 3.

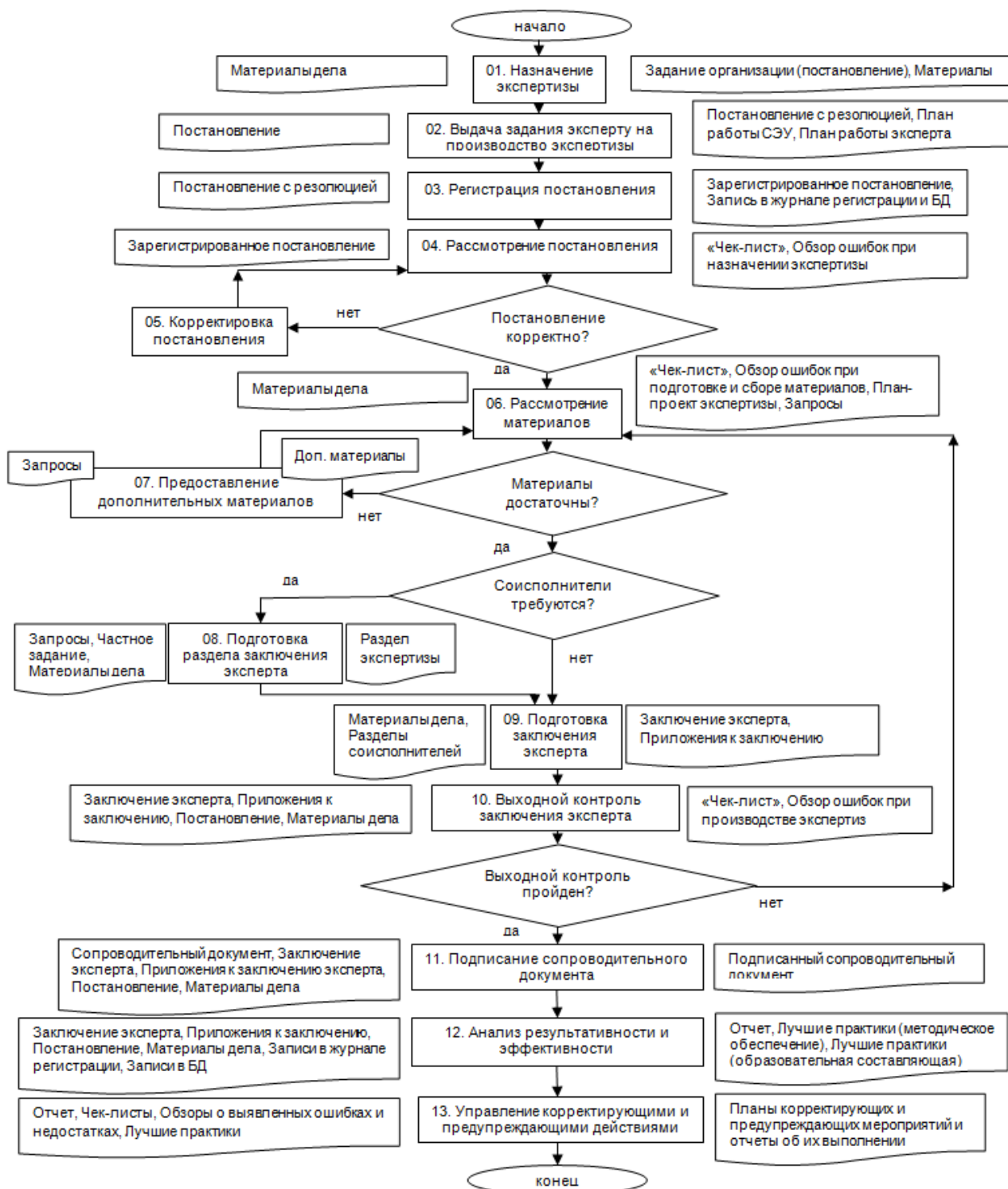


Рис. 3. Простая блок-схема процесса производства ИТЭ

Заключение

Совершенствование системы менеджмента качества является важным условием для поддержания высокой конкурентоспособности организации. Умение правильно анализировать конкурентную среду и усовершенствовать свои слабые стороны, позволяет организации быть более конкурентной по сравнению с другими, тем самым увеличивая свою прибыль и наращивая репутационный капитал.

В качестве предложений по улучшению процесса производства ИТЭ и качества его результатов авторами предлагаются следующие организационные мероприятия:

- привлечение к мероприятиям входного контроля поступающих заданий (постановлений) на производство экспертиз и материалов на объект исследования, а также выходного контроля выполненных экспертных заключений наиболее опытных экспертов (институт главного эксперта);

- ежегодная подготовка аналитических материалов для обоснования корректировки основных плановых производственных показателей по производству судебных экспертиз как в бюджетной сфере, так и по направлениям приносящей доход деятельности;

- приобретение дополнительных расширенных сервисных пакетов на обслуживание дорогостоящего аналитического оборудования в целях недопущения останова процессов выполнения инструментальных аналитических исследований потокового характера;

- проведение инструктирующих занятий, направленных на повышение качества поступающих на экспертизу материалов и сопровождающих документов, непосредственно с исполнителями органов-инициаторов.

Таким образом, основываясь на анализе выявленной специфики производства инженерно-технических экспертиз, авторам получены следующие основные результаты:

- разработана процессная модель СМК для СЭУ, выполняющих ИТЭ;
- предложены методы измерения, мониторинга и контроля процесса;
- разработаны функциональная и простая блок-схемы процесса производства ИТЭ;
- выявлены риски и возможности подпроцессов;
- предложены показатели результативности;
- даны рекомендации по улучшению процесса производства ИТЭ и качества его результатов.

Полученные авторами основные результаты прошли апробацию на семинаре, организованном ассоциацией по сертификации «Русский регистр», и получили положительные отзывы экспертного сообщества.

Список источников

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Система менеджмента качества. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Предпосылки создания частной теории менеджмента качества судебно-экспертной деятельности / С.А. Смирнова [и др.] // Судебная экспертиза в международном правоприменении. М.: Российский Федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации. 2019. С. 175–191.
4. Замараева Н.А. Опыт внедрения системы менеджмента качества в Северо-Западном РЦСЭ Минюста России // Теория и практика судебной экспертизы. 2014. № 3 (35). С. 142–145.
5. Судебные инженерно-технические экспертизы: учебно-методическое пособие / Г.Г. Омельянюк [и др.] // М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 47 с.
6. Чешко И.Д. Расследование и экспертиза пожаров. 1997. 520 с.
7. Криминалистика: учебник для вузов / А. И. Бастрыкин [и др.] // М.: Издательство Юрайт. 2025. 643 с.

8. Дильдина Ю.М. Основы инженерно-технических экспертиз: учебное пособие // М.: ЭКЦ МВД России. 1993. 56 с.
9. Серенков П.С., Курьян А.Г., Волонтей В.П. Методы менеджмента качества. Процессный подход // Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М. 2020. 441 с.
10. Гродзенский С.Я. Цикл PDCA и семь инструментов качества // Методы менеджмента качества. 2013. № 11. С. 20–24.
11. Камышев А.И. Анализ среды организации и формирование ее СМК по требованиям стандарта ISO 9001: 2015. Часть 1. Анализ внешней среды // Методы менеджмента качества. 2016. № 5. С. 28–35.
12. Зубков Ю.П., Фудина Н.Ю., Иванова О.В. Риск-ориентированное мышление в стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-2015 // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2018. Т. 7. № 1. С. 15–17.
13. Серебряная И.А., Виноградова Е.М., Абрамовская Д.А. Разработка процедуры мониторинга результативности процессов системы менеджмента качества // Инженерный вестник Дона. 2019. № 5(56). С. 37.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 25.06.2026; принята к публикации: 04.07.2026

Информация об авторах:

Осипчук Валерия Игоревна, научный сотрудник научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149), e-mail: osipchuklera@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7505-7684>

Ивахнюк Сергей Григорьевич, старший научный сотрудник научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149), кандидат технических наук, e-mail: sgi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8211>

Скуковский Анатолий Геннадьевич, старший преподаватель кафедры судебно-экспертной и оперативно-розыскной деятельности факультета подготовки криминалистов Санкт-Петербургской академии Следственного комитета (190000, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, д. 96), e-mail: vivo76@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Аналитическая статья

УДК 608.2; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-20-27

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ГАЗОНАПОЛНЕННОЙ ПЕНЫ НА ОСНОВЕ ПОРОШКА СФ-2У ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

✉ Мещеряков Илья Вячеславович;

Константинова Алина Станиславовна.

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

✉ ilya.mesch@mail.ru

Аннотация. Представленная статья посвящена экспериментальному исследованию параметров термической деструкции огнетушащих пен в условиях, моделирующих тепловое воздействие развивающегося пожара. Основной целью работы является сравнительная оценка термостойкости огнетушащих пен, полученных на базе синтетического углеводородного пенообразователя ПО-3 и специализированного дегазирующего состава СФ-2у [1], при варьировании физико-химической природы дисперсной фазы (атмосферный воздух или инертная смесь на основе отработанных газов двигателя внутреннего сгорания). Физическое моделирование процессов разрушения структурного каркаса пены проводилось в диапазоне температур от 200 до 800 °С с фиксацией времени полного распада и расчетом кинетических характеристик (скорости синерезиса). В ходе анализа экспериментальных данных установлено, что рост тепловой нагрузки закономерно интенсифицирует деструкцию всех типов пен, однако природа газа-носителя оказывает нелинейное влияние на стабильность поверхностно-активных композиций.

По итогам исследования обоснована тактическая целесообразность дифференцированного подхода к выбору огнетушащих веществ: использование CO₂ совместно с пенообразователями общего назначения эффективно при тушении закрытых объемов со средними тепловыми потоками, в то время как ликвидация высокотемпературных очагов (свыше 500–800 °С) требует применения термостойких составов класса СФ-2у исключительно с классической воздушной аспирацией. Практическая значимость работы заключается в возможности оптимизации параметров работы установок газодляного тушения с учетом термодинамических характеристик защищаемых объектов.

Ключевые слова: сульфонол, СФ-2У, разрушение пены, газонаполненная пена, температура окружающей среды

Для цитирования: Мещеряков И.В., Константинова А.С. Исследование зависимости разрушения газонаполненной пены на основе порошка СФ-2У от температуры окружающей среды // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 20–27. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-20-27

Введение

Ежегодно на территории Российской Федерации регистрируется значительное количество пожаров, сопровождающихся материальным ущербом, негативным воздействием на окружающую среду и гибелью людей. Анализ многолетней статистики свидетельствует о наличии устойчивой тенденции к снижению абсолютного числа пожаров.

Для закрепления данной положительной динамики требуется принятие дальнейших мер, направленных на минимизацию социального, экологического и экономического ущерба от пожаров. В связи с этим особое значение приобретает поиск способов повышения эффективности уже имеющихся на вооружении средств. Актуальным направлением является модификация существующих огнетушащих составов, таких как дегазирующий раствор СФ-2У [3-10], состоящий на оснащении подразделений ГО МЧС России. Перспективной инновацией представляется использование CO_2 в качестве дисперсной фазы для получения пены [11, 12], что позволяет расширить тактические возможности применения штатных пенообразователей без привлечения дополнительных ресурсов.

Аналитическая часть

Для проведения физического моделирования теплового воздействия образцы сгенерированной пены помещали в цилиндрическую сетку высотой 210 мм и диаметром 100 мм. Сетка размещалась в рабочей камере муфельной печи, обеспечивающей равномерное радиационно-конвективное термическое воздействие. В качестве основного критерия оценки огнетушащей эффективности фиксировали время критического синерезиса и полного разрушения структуры пены [2]. В ходе серии испытаний анализировали четыре типа пен:

- пенообразователь общего назначения ПО-3 + воздушная дисперсная фаза;
- пенообразователь общего назначения ПО-3 + дисперсная фаза из CO_2 ;
- дегазирующий состав СФ-2у + воздушная дисперсная фаза;
- дегазирующий состав СФ-2у + дисперсная фаза из CO_2 .

Результаты измерения времени деструкции фиксировали для различных температурных режимов с шагом в 100 °С. Для сопоставления параметров процесса деструкции рассчитывалась приведенная скорость разрушения пенного слоя.

Анализ полученных данных подтверждает закономерность: экспоненциальный рост температуры окружающей среды инициирует интенсификацию процессов испарения жидкости из пленок, что неизбежно ведет к сокращению времени жизни огнетушащей пены. Наиболее критическое падение термостойкости регистрируется в зоне высоких температур, характерных для стадии объемного развития пожара. В частности, воздушно-механическая пена на основе раствора ПО-3 при тепловом воздействии в 200 °С сохраняет структурную целостность на протяжении 140 с, однако при достижении 800 °С данный показатель критически снижается до 20 с. Графики выявленных закономерностей представлены на рис. 1–8.

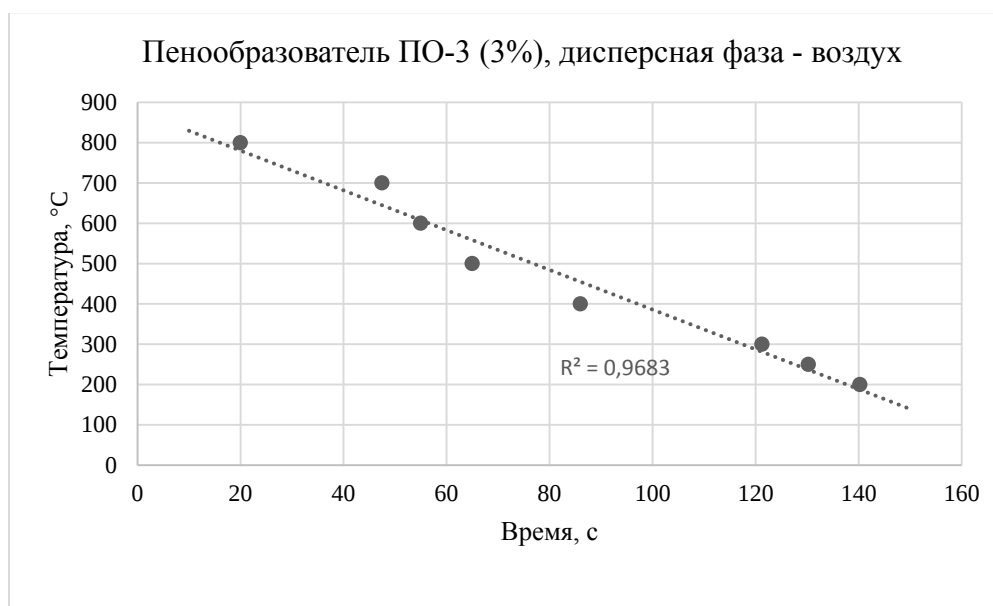


Рис. 1. Зависимость устойчивости пены от температуры окружающей среды (пенообразователь ПО-3 (3%), дисперсная фаза – воздух)

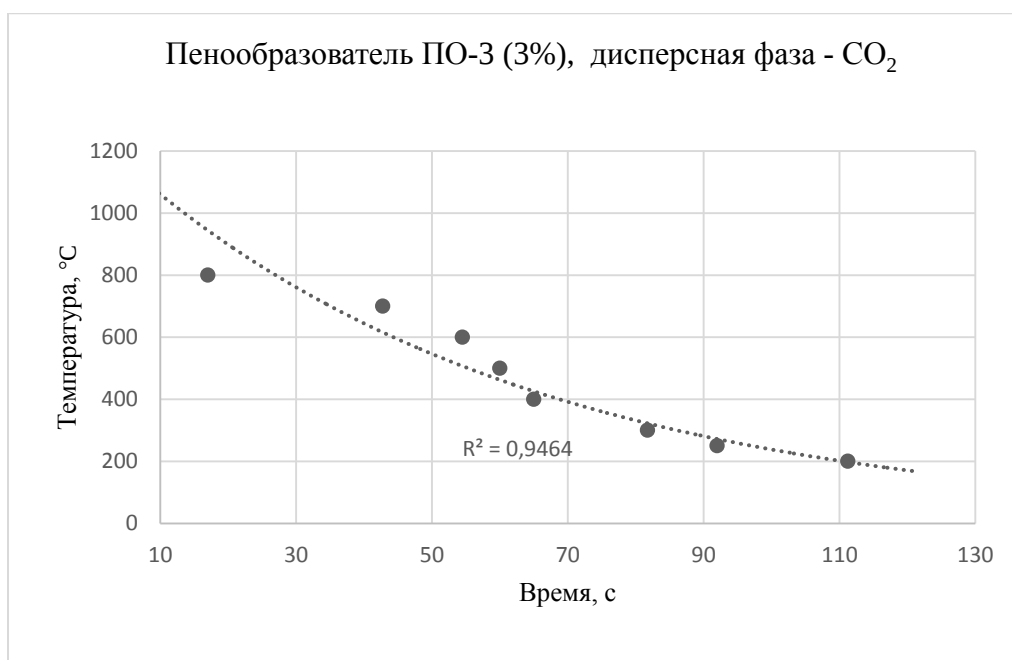


Рис. 2. Зависимость устойчивости пены от температуры окружающей среды (пенообразователь ПО-3 (3%), дисперсная фаза - CO₂)

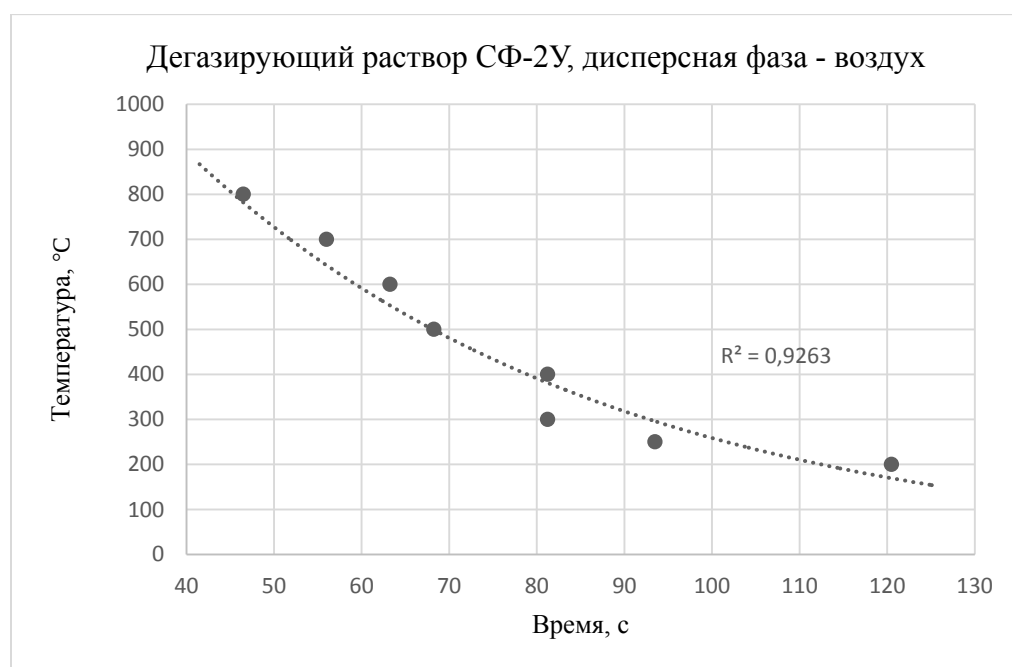


Рис. 3. Зависимость устойчивости пены от температуры окружающей среды (дегазирующий раствор СФ-2У, дисперсная фаза – воздух)

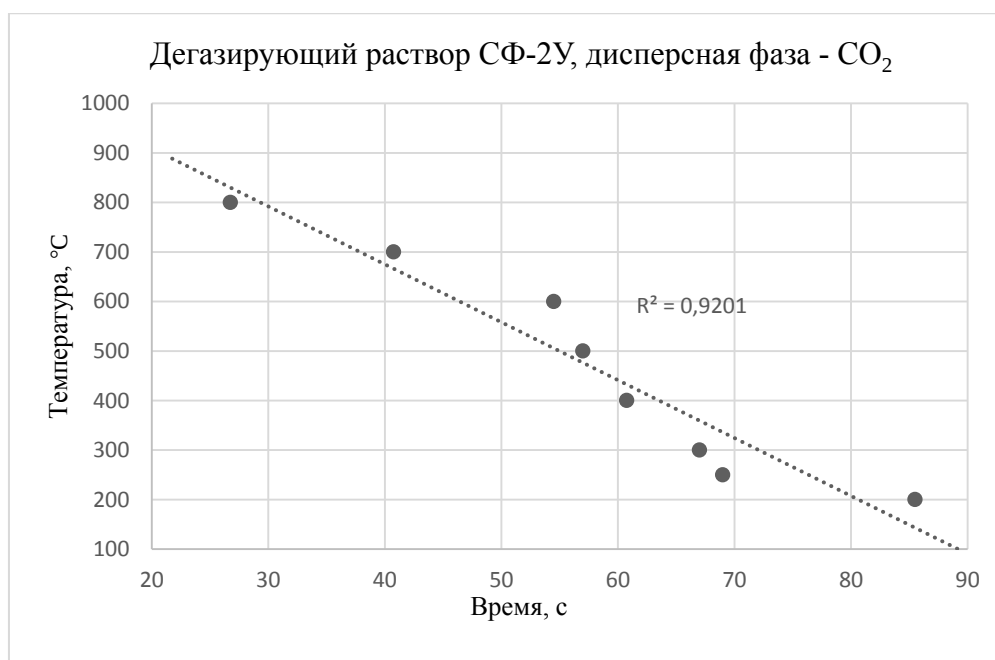


Рис. 4. Зависимость устойчивости пены от температуры окружающей среды
(дегазирующий раствор СФ-2У, дисперсная фаза - CO_2)

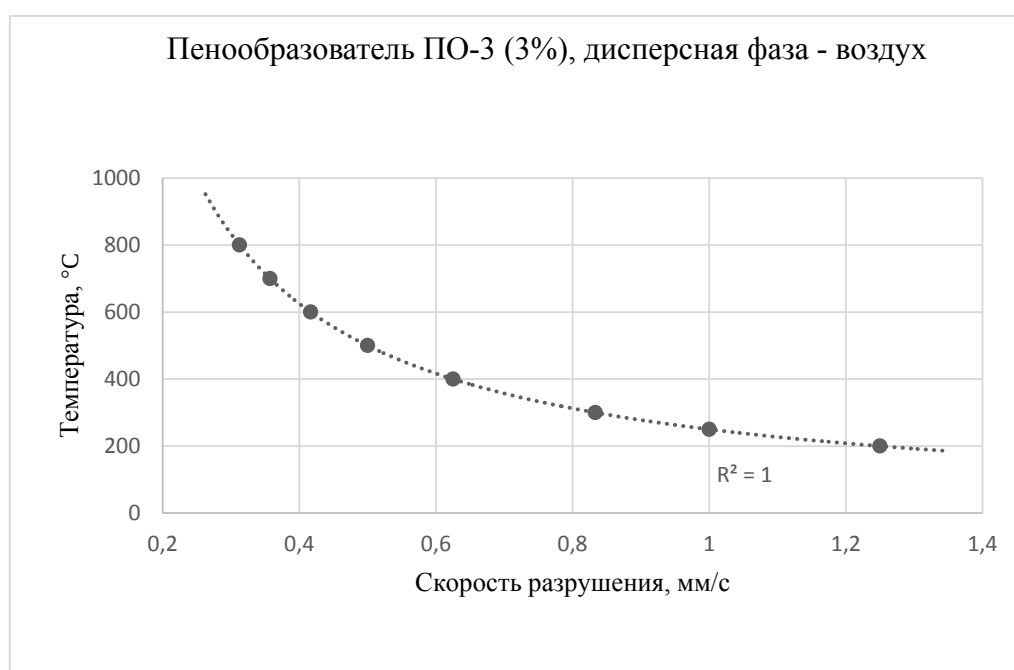


Рис. 5. Скорость разрушения пены
(пенообразователь ПО-3 (3%), дисперсная фаза – воздух)

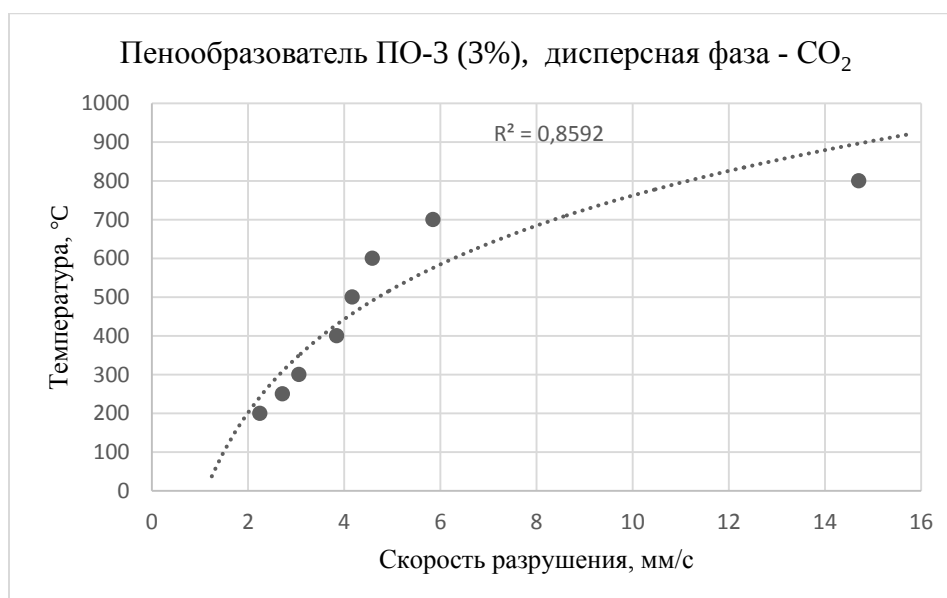


Рис. 6. Скорость разрушения пены
(пенообразователь ПО-3 (3%), дисперсная фаза – CO₂)

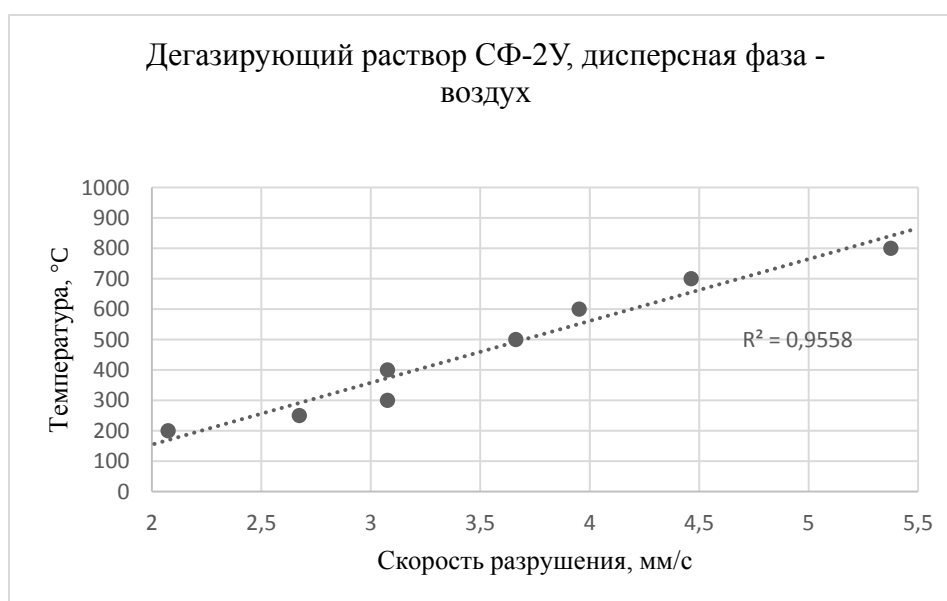


Рис. 7. Скорость разрушения пены
(дегазирующий раствор СФ-2У, дисперсная фаза – воздух)

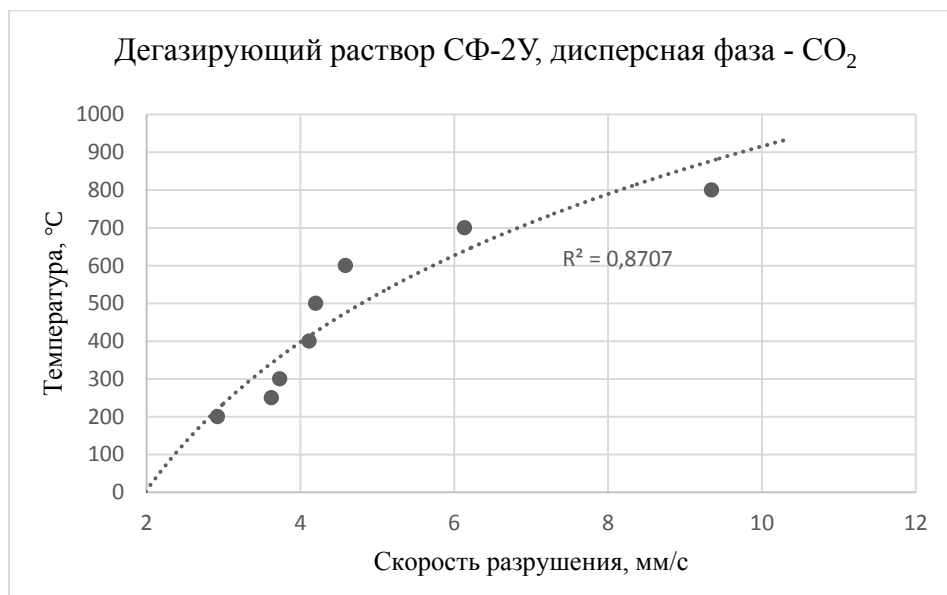


Рис. 8. Скорость разрушения пены (дегазирующий раствор СФ-2У, дисперсная фаза - CO₂)

Сравнительный анализ влияния химической природы газовой фазы выявил существенную разницу в механизмах реагирования различных типов пенообразователей на введение инертных компонентов (CO₂). Для углеводородного пенообразователя ПО-3 замещение кислорода воздуха CO₂ вызывает снижение устойчивости при умеренном нагреве от 200 до 300 °С. При достижении экстремальных температур в 700–800 °С структурные различия нивелируются, так как доминирующим фактором становится физическое вскипание водной основы.

Иная картина возникает при использовании состава СФ-2у. Во всем температурном диапазоне пена с заполнением атмосферным воздухом обеспечивает большую устойчивость. Существует вероятность того, что введение CO₂ в раствор СФ-2у приводит к химической несовместимости компонентов газовой смеси с функциональными присадками состава, что вызывает преждевременный синерезис. Наиболее критичен этот эффект при температуре порядка 800 °С, где пена с воздушной дисперсной фазой выдерживает тепловую нагрузку в течение 40 с против 26...27 с для пены на основе CO₂.

При тактическом планировании следует учитывать исследованные эффекты – несмотря на высокую огнетушащую способность, пена с дисперсной фазой, отличной от атмосферного воздуха, теряет в устойчивости к высоким температурам. Таким образом, применение модифицированной пены оправдано в случае оперативного тушения очага на ранней стадии развития. При тушении пожаров объемным способом следует учитывать, что такая пена подвержена более быстрому разрушению, чем стандартная.

Заключение

Результаты работы открывают перспективы для модернизации тактики тушения пожаров в замкнутых объемах (кабельные тоннели, трюмы судов, подвальные помещения) с применением установок температурно-газоводяного тушения и автомобилей газоводяного тушения (АГВТ).

Экспериментально доказано, что использование CO₂ для получения пены на основе стандартных синтетических углеводородных пенообразователей (типа ПО-3) является тактически целесообразным решением при тушении очага пожара на ранней стадии.

При тушении высокотемпературных технологических пожаров (например, на объектах нефтегазового комплекса или в зонах химического заражения), сопровождающихся

температурными режимами свыше 500–800 °С, наиболее рациональным является применение специализированного состава СФ-2у с использованием атмосферного воздуха.

Таким образом, выбор типа пенообразователя и дисперсной фазы должен коррелировать с прогнозируемой термической нагрузкой и классом пожарной опасности защищаемого объекта.

Список источников

1. Пучков В.А. Гражданская оборона. МЧС России. М.: 2014. 499 с.
2. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б., Савельев Д.В. Теоретическая оценка огнетушащего потенциала типовых дегазирующих растворов (сообщение № 1) // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России. 2023. С. 287–290.
4. Мещеряков И.В., Булатов Н.Н. Теоретическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезинфицирующих растворов (сообщение №2) // Междунар. науч. семинар-конф. «Пожарная безопасность в условиях современности». 2023. С. 81–83.
5. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б. Теоретическая оценка огнетушащего потенциала типовых Дезактивирующих растворов (сообщение №3) // XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы», 2023. С. 122–123.
6. Мещеряков И.В., Константинова А.С., Емелина В.А. Экспериментальное исследование воздействия растворов средств дегазации и дезактивации, применяемых подразделениями ГО МЧС России, на материалы пожарных рукавов // Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. 2024. С. 29–31.
7. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б. Оценка пожарно-технических характеристик штатных средств гражданской обороны МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. №. 1. С. 202–213.
8. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б. Практическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезактивирующих, дегазирующих и дезактивирующих растворов на примере экспериментального очага пожара класса В // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. материалов XI всеросс. науч.-практ. конф., Иваново, 2024. Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ. 2024. С. 232–234.
9. Мещеряков И.В., Алексеик Е.Б. Практическая оценка огнетушащего потенциала типовых дезинфицирующих, дегазирующих и дезактивирующих растворов на примере экспериментального очага пожара класса А // Естественные науки и пожаробезопасность: проблемы и перспективы исследований: сб. материалов всеросс. науч.-практ. конф. с Междунар. участием, Иваново, 2024. Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ. 2024. С. 196–198.
10. Мещеряков И.В., Константинова А.С. Сравнительная оценка огнетушащей способности средств дегазации и дезактивации // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 1(36). С. 166–174. DOI:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.88.70.016.
11. Мещеряков И.В. Повышение огнетушащей эффективности штатных средств подразделений гражданской обороны МЧС России при тушении пожаров класса в модифицированной (газозаполненной) пеной // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1(54). С. 64–70.
12. Система генерации компрессионной пены, содержащей отработанные выхлопные газы: пат. 2835235 Рос. Федерация / Б.В. Гавкалюк [и др.]; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России – № 2835256; заявл. 13.05.2024; опубл. 24.02.2025.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 25.05.2026; принята к публикации: 01.06.2026

Информация об авторах:

Мещеряков Илья Вячеславович, преподаватель кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ilya.mesch@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Константинова Алина Станиславовна, преподаватель кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: as_konstantinova@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Аналитическая статья

УДК 614.842/.849; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-28-32

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВГСЧ В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

✉ Хомицкий Семён Алексеевич;

Кузьмина Татьяна Анатольевна.

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

✉ semen.homitsky@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается роль военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ) как специализированных аварийно-спасательных формирований в системе обеспечения пожарной безопасности на опасных производственных объектах. Проанализированы основные направления деятельности ВГСЧ: локализация и тушение подземных пожаров, проведение профилактических работ (депресссионные съемки, контроль состояния вентиляции, лабораторные исследования рудничного воздуха), а также реагирование на чрезвычайные ситуации. На примере аварии на АО «Комбинат КМАруда» (2024 г.) показаны системные проблемы, связанные с несогласованием планов ликвидации аварий с горноспасателями, что привело к многочисленным нарушениям и административной ответственности должностных лиц. Дополнительно рассмотрены инциденты на шахте «Калиновская Восточная» (2015, 2020 гг.), иллюстрирующие высокие риски воспламенения метана и сложность работы ВГСЧ в условиях, опасных по газу и выбросам.

Ключевые слова: военизированные горноспасательные части, ВГСЧ, опасные производственные объекты, ОПО

Для цитирования: Хомицкий С.А., Кузьмина Т.А. Деятельность ВГСЧ в системе предупреждения и тушения пожаров // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 28–32. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-28-32

Введение

Военизированные горноспасательные части (далее – ВГСЧ) являются специализированными профессиональными аварийно-спасательными формированиями, находящимися в составе МЧС России. Их ключевая задача – обеспечение безопасности на особо опасных производственных объектах (далее – ОПО).

Основные направления деятельности в области обеспечения пожарной безопасности:

- локализация и тушение пожаров: ВГСЧ непосредственно выполняют работы по локализации и тушению подземных пожаров, а также пожаров на поверхностных объектах организаций [1];
- проведение профилактических работ;
- реагирование на чрезвычайные ситуации: работа в экстремальных условиях;
- подготовка членов вспомогательной горноспасательной команды в составе организации, членами которой являются работники [2].

При этом согласно ст. 12 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» техническое расследование причин аварии проводится комиссией, возглавляемой представителем Ростехнадзора [3].

Именно эта комиссия наделена правом привлекать экспертные организации, в том числе специалистов ВГСЧ, для установления причин и обстоятельств аварии.

Проблемы в предупреждении и тушении пожаров

Приведем пример нарушения взаимодействия ОПО с ВГСЧ (АО «Комбинат КМАруда», 2024 г.).

В июне 2024 года на ОПО «Рудник с подземным способом разработки» АО «Комбинат КМАруда» произошла авария – прорыв закладочной смеси через кровлю горной выработки. Расследование, проведенное Верхне-Донским управлением Ростехнадзора [4], выявило системные нарушения, напрямую связанные с невыполнением предписаний ВГСЧ.

Ключевые нарушения, установленные расследованием:

- не согласован с ВГСЧ план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (далее – ПЛА) после внесения изменений – это прямое нарушение требований промышленной безопасности, поскольку ПЛА должен разрабатываться совместно с ВГСЧ [5];
- не соблюдены проектные решения при установке изолирующих перемычек.

По итогам проверки выявлено 106 нарушений, три должностных лица привлечены к административной ответственности по ч. 1 ст. 9.1 КоАП РФ, четыре – по ч. 3 ст. 9.1 КоАП РФ. Деятельность двух горных выработок приостановлена на 90 суток.

Этот случай демонстрирует, что отсутствие должного взаимодействия с ВГСЧ при планировании аварийных мероприятий является одной из ключевых проблем системы безопасности. ПЛА, не согласованный с горноспасателями, теряет свою практическую ценность в условиях реальной аварии.

Приведем пример сложных условий тушения пожаров – шахта «Калиновская Восточная», Макеевка.

Шахта «Калиновская Восточная» (входит в ГП «Макеевуголь») относится к опасным объектам по внезапным выбросам угля и газа и суфлярным выделениям метана. Это создает дополнительные риски при возникновении пожаров и предъявляет повышенные требования к горноспасательным подразделениям.

Инциденты на шахте [6, 7]:

Июль 2015 года:

Пожар возник на глубине 680 метров в ходе буровзрывных работ в тупиковой выработке вентиляционной магистрали пласта L1. Под землей находилось 103 горняка. В тушении пожара были задействованы четыре подразделения горноспасателей. Возгорание ликвидировано примерно через два часа, пострадавших не было.

Август 2020 года:

Пожар произошел в конвейерной ходке 6-й восточной лавы пласта. Причиной стало воспламенение метано-воздушной смеси в трещинах горного массива при детонации шпурового заряда предохранительного взрывчатого вещества в контурном шпуре №20. Инцидент произошел из-за нарушения инструкции по созданию предохранительной среды в забое горных выработок.

Эти случаи показывают специфику работы ВГСЧ на объектах, опасных по газу и выбросам. Риск воспламенения метана требует от горноспасателей применения специализированных средств и методов тушения, а также особого внимания к профилактическим мероприятиям.

Вопрос судебной экспертизы в системе безопасности ВГСЧ

В случае с аварией на АО «Комбинат КМАруда» материалы расследования были переданы в надзорные органы, а виновные лица были привлечены к административной ответственности [4].

Это создает определенные предпосылки для возможной судебно-экспертной оценки действий должностных лиц.

Для шахты «Калиновская Восточная» характерно проведение пожарно-технических экспертиз для установления причин воспламенения метано-воздушной смеси и оценки соблюдения технологии буровзрывных работ.

Заключение

Важно отметить различный правовой статус расследования аварий и инцидентов. В отличие от аварии, техническое расследование инцидентов, в том числе случаев воспламенения метановоздушной смеси на шахте «Калиновская Восточная», проводится комиссией, создаваемой внутренним распорядительным актом эксплуатирующей организации, в порядке, установленном локальными нормативными актами [8]. Результаты такого расследования оформляются внутренним актом и не влекут за собой административных или уголовных последствий для должностных лиц, если инцидент не перерастает в аварию [9, 10]. Это создаёт риск неполного учёта системных нарушений при отсутствии внешнего контроля.

Тема судебной экспертизы применительно к деятельности ВГСЧ имеет двойственный характер. С одной стороны, основные нормативные правовые акты, регулирующие судебно-экспертную деятельность, относятся к иным ведомствам. С другой стороны, судебная экспертиза выступает инструментом оценки результатов деятельности систем безопасности. [8, 11]

Анализ рассмотренных инцидентов позволяет выделить одно из перспективных направлений совершенствования взаимодействия с ВГСЧ – обязательное согласование ПЛА с горноспасательными подразделениями на всех этапах их разработки и корректировки. Примеры участия ВГСЧ при ликвидации полдстевий аварий представлены на рис. 1–3.



Рис. 1. Военизированные горноспасательные части на ликвидации аварий [12]



Рис. 2. Военизированные горноспасательные части на ликвидации аварий [13]



Рис. 3. Военизированные горноспасательные части на ликвидации аварий [14]

Список источников

1. Об утверждении Положения об организации деятельности военизированных горноспасательных частей, направленной на профилактику возникновения аварий на опасных производственных объектах: приказ МЧС России от 29 марта 2019 г. № 181. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Об утверждении Устава военизированной горноспасательной части по организации и ведению горноспасательных работ: приказ МЧС России от 9 июня 2017 г. № 251. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Верхне-Донское управление Ростехнадзора. Материалы расследования Верхне-Донского управления Ростехнадзора по аварии на АО «Комбинат КМАруда» (2024 г.). URL: <http://www.vdon.gosnadzor.ru/> (дата обращения: 02.04.2026).
5. Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах: Постановление правительства РФ от 15 сент. 2020 г. № 1437. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Пожар на шахте «Калиновская-Восточная» в Макеевке произошел в ходе буровзрывных работ – МЧС. URL: <https://dan-news.ru/obschestvo/pozhar-na-shaxte-kalinovskaya-vostochnaya-v-makeevke-proizoshel-v-xode-burovzryvnykh-rabot-mchs/> (дата обращения: 02.04.2026).
7. Глава МЧС сообщил подробности ликвидации пожара на шахте им. Калинина и «Калиновская-Восточная». URL: https://vk.com/wall-16455_18063 (дата обращения: 02.04.2026).
8. Об утверждении Порядка проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения: Приказ Ростехнадзора от 08 дек. 2020 г. № 503. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Об утверждении Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, форм документов, соответствующих классификаторов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве: Приказ Минтруда России от 20 апр. 2022 г. № 223н. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Трудовой кодекс Российской Федерации: от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ (в части расследования несчастных случаев, связанных с аварией). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. ФГУП «Военизированная горноспасательная часть». Приказы и распоряжения МЧС России. Нормативная документация. URL: <https://vgssch.organizations.mchs.gov.ru/deyatelnost/ob-uchebnyh-centrah/dokumenty/dokumenty> (дата обращения: 02.04.2026).
12. Главное управление МЧС России по Волгоградской области. Горноспасатели МЧС России - на страже безопасности шахтеров. URL: <https://34.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5090991> (дата обращения: 02.04.2026).
13. ВДПО. День работника горноспасательной службы. URL: <https://вдпо.рф/news/den-rabotnika-gornospasatelnoy-sluzhby> (дата обращения: 02.04.2026).
14. Работы по ликвидации последствий аварии на шахте «Листвяжная». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Работы_по_ликвидации_последствий_аварии_на_шахте_«Листвяжная».jpg (дата обращения: 02.04.2026)

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 15.07.2026; принята к публикации: 20.07.2026

Информация об авторах:

Хомицкий Семён Алексеевич, обучающийся 4 курса факультета экономики и права Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: semen.homitsky@yandex.ru

Кузьмина Татьяна Анатольевна, доцент кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат педагогических наук, доцент, e-mail: kuzmina@igps.ru, SPIN-код: 2511-0787

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Аналитическая статья

УДК 614.841.343:620.3; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-33-37

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ КРИОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

✉ Демидов Николай Дмитриевич;

Сорокин Игорь Александрович;

Емельянова Анна Николаевна.

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

✉ demidov.nd@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования термической стабильности и огнезащитной эффективности эпоксидных вспучивающихся огнезащитных составов, модифицированных углеродными наноструктурами (астраленами) в концентрации 0,2 % об., до и после криогенного воздействия. Термогравиметрическим анализом установлено увеличение выхода коксового остатка при 800 °С на 90 % для модифицированного состава по сравнению с немодифицированным. Огневые испытания в условиях факельного углеводородного горения показали повышение времени прогрева стальной пластины до 500 °С на 11,1 % для модифицированного состава и на 28,6 % после криогенного воздействия. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения наномодифицированных покрытий для повышения безопасности технологических процессов на объектах нефтегазового комплекса, подверженных риску аварийных проливов криогенных жидкостей с последующим пожаром.

Ключевые слова: огнезащитные вспучивающиеся составы, эпоксидные смолы, углеродные наноструктуры, астралены, криогенное воздействие, термогравиметрический анализ, остаточная масса коксового слоя, огнезащитная эффективность, нефтегазовый комплекс

Для цитирования: Демидов Н.Д., Сорокин И.А., Емельянова А.Н. Повышение безопасности технологических процессов нефтегазового комплекса в условиях криогенного воздействия // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 33–37. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-33-37

Введение

Развитие нефтегазового комплекса Российской Федерации, включая реализацию крупных проектов по добыче, сжижению и транспортировке углеводородов в Арктической зоне (например, «Ямал СПГ», «Арктик СПГ-2»), сопряжено с эксплуатацией объектов криогенной инфраструктуры. Несущие стальные конструкции таких объектов (резервуары, трубопроводы, опорные платформы) подвергаются двойному экстремальному воздействию: криогенным температурам (до –162 °С при хранении сжиженного природного газа и возможных аварийных проливах) и высокотемпературному нагреву при пожаре (свыше +1100 °С в углеводородном режиме) [1, 2].

Традиционные вспучивающиеся огнезащитные составы (ОВС) на основе эпоксидных смол эффективны в стандартных условиях, однако под воздействием криогенного «удара» проявляют снижение термической стабильности: образование микротрещин, уменьшение выхода коксового остатка и ускоренную деструкцию пенококсового слоя при последующем пожаре [3, 4]. Это приводит к преждевременному прогреву металла до критических температур (+500 °С), потере несущей способности конструкций и росту риска техногенных катастроф.

Перспективным направлением решения проблемы является наноструктурное модифицирование полимерной матрицы углеродными наноструктурами – астраленами [5], обладающими высокой удельной поверхностью, теплопроводностью и способностью к формированию упрочненной структуры композита [6]. Введение астраленов позволяет повысить термическую стабильность и барьерные свойства вспученного слоя.

Цель работы – экспериментальная оценка влияния модификации астраленами на термическую стабильность и огнезащитную эффективность эпоксидного ОВС до и после криогенного воздействия в контексте повышения безопасности технологических процессов нефтегазового комплекса.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе серийного эпоксидного вспучивающегося огнезащитного состава «ТЕРМОБАРЬЕР-2». Астралены вводились в отвердитель в концентрации 0,2 %об. с использованием ультразвуковой диспергации. Образцы наносили на стальные пластины Ст3. Часть образцов подвергалась криогенному воздействию – полному погружению в жидкий азот на 10 минут.

Термическая стабильность оценивалась методом термогравиметрического анализа (ТГА) в воздушной среде в диапазоне 50–800 °С. Огнезащитная эффективность определялась по времени прогрева обратной стороны пластины до 500 °С в условиях моделирования факельного углеводородного горения по ГОСТ Р 53295-2009 [7].

Результаты исследования

Результаты термогравиметрического анализа ключевых образцов приведены в табл. 1 и на рис. 1–3.

Таблица 1

Параметры термического разложения исследуемых образцов

Образец	Температура начала 1-го эффекта, °С	Температура начала 2-го эффекта, °С	Температура начала 3-го эффекта, °С	Остаточная масса при 800 °С, %
ТБ 2 (немодифицированный)	157	292	581	31
ТБ 2 + 0,2 % астраленов	126	248	587	59
ТБ 2 + 0,2 % астраленов после криогена	159	292	582	26

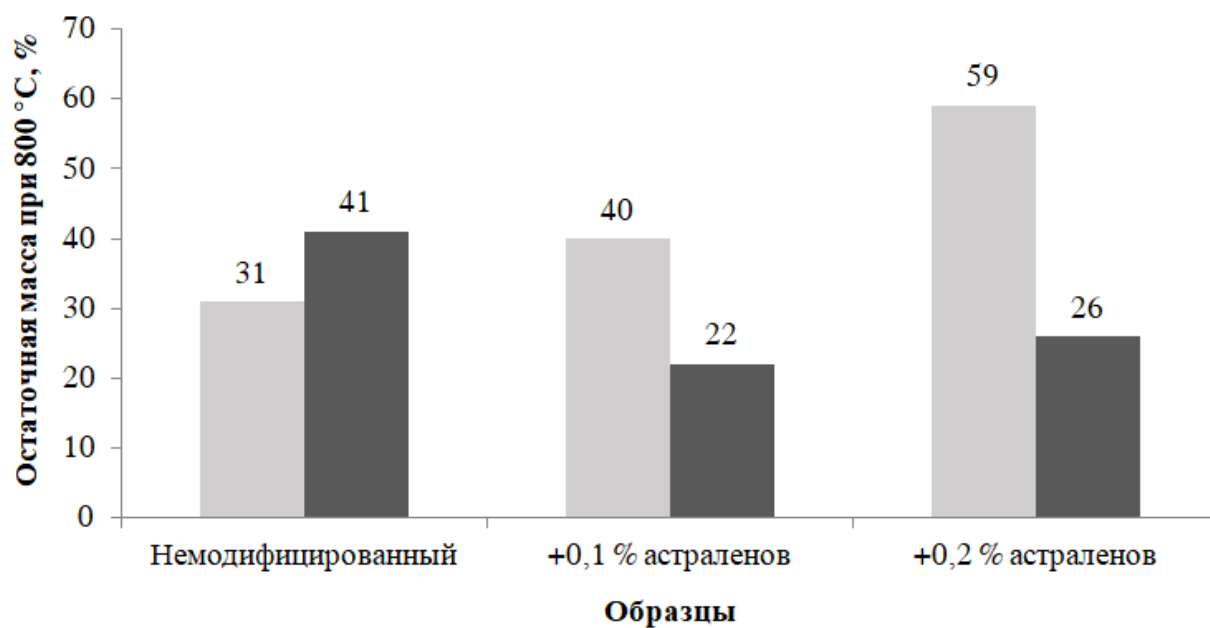


Рис. 1. Гистограмма остаточной массы коксового остатка при 800 °C

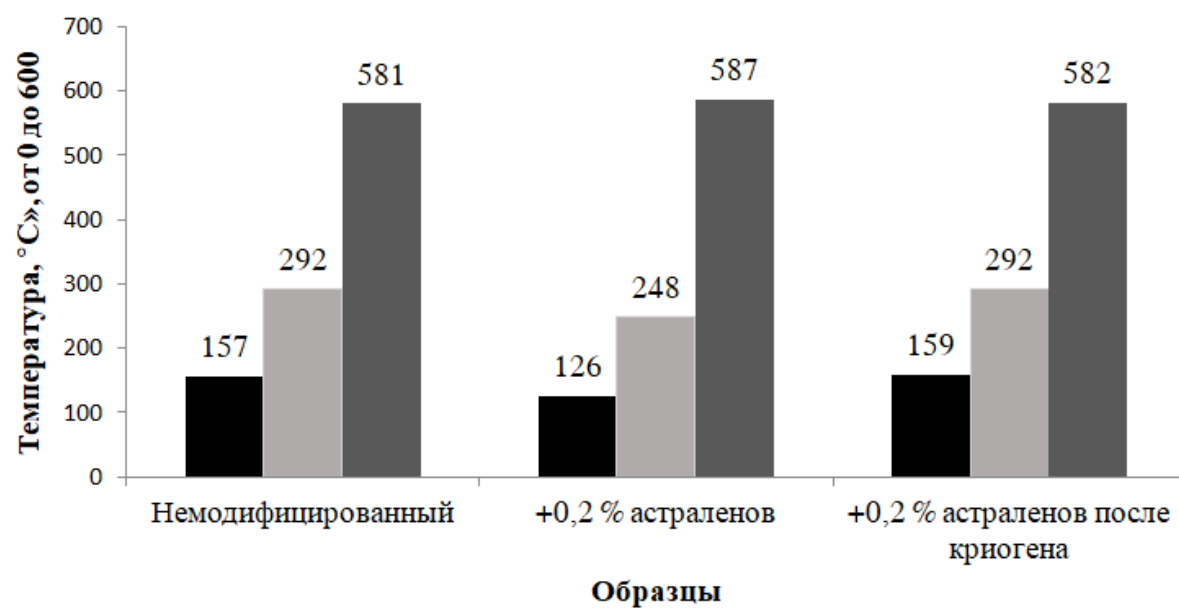


Рис. 2. Гистограмма температур начала основных термических эффектов

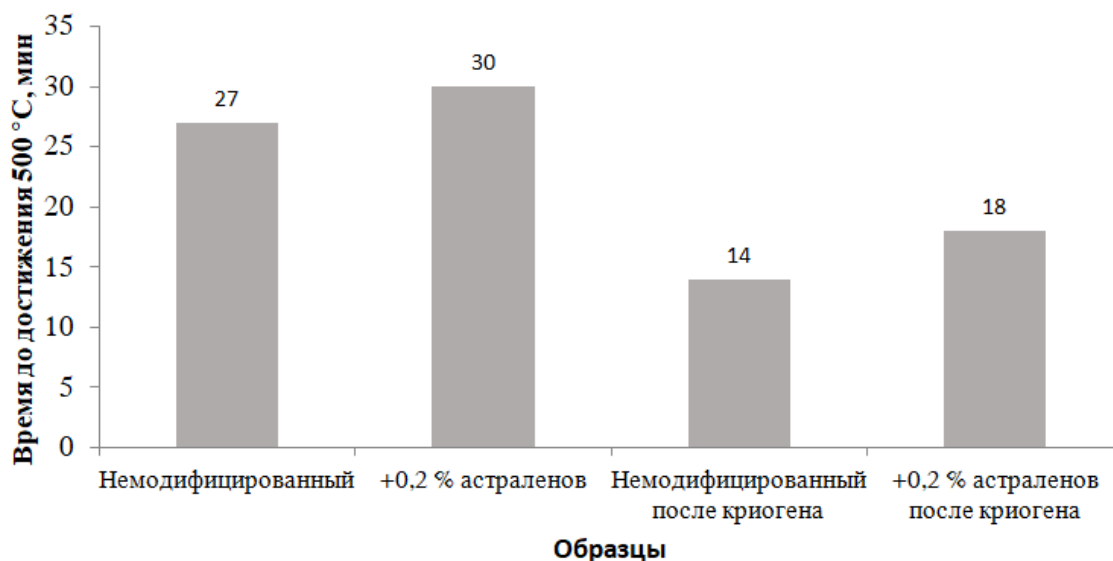


Рис. 3. Гистограмма огнезащитной эффективности (время до достижения 500 °C на обратной стороне стальной пластины в условиях факельного горения)

Обсуждение результатов

Анализ термогравиметрических данных свидетельствует о комплексном влиянии астраленов на процесс термического разложения эпоксидной матрицы. Наибольший выход коксового остатка (59 %) зафиксирован для состава с 0,2 % об. астраленов, что на 90 % превышает значение немодифицированного аналога (31 %). Это обусловлено каталитическим действием наночастиц, интенсифицирующим процессы карбонизации и формирование термостабильного пенококсового слоя [8].

В ходе эксперимента отмечено смещение температур начала термических эффектов у модифицированных образцов, что напрямую связано с высокой теплопроводностью астраленов и ускорением начальной дегидратации [9]. После криогенного воздействия выход коксового остатка снижается во всех составах, но у модифицированных этот спад выражен значительно слабее — наноармирование повышает трещиностойкость матрицы и сохраняет структуру пенококкса.

Огневые испытания полностью подтверждают данные ТГА: время огнезащиты растёт на 11,1 % в обычных условиях и на 28,6 % после криогенного шока. Улучшенные барьерные свойства вспученного слоя заметно замедляют прогрев стальной конструкции, что критически важно при аварийных сценариях на объектах нефтегазового комплекса [10].

Заключение

Модификация эпоксидного вспучивающегося огнезащитного состава астраленами в концентрации 0,2 % об. существенно повышает термическую стабильность и огнезащитную эффективность. Экспериментально подтверждено увеличение выхода коксового остатка на 90 % при 800 °C, а также рост времени прогрева стальной пластины до 500 °C на 11,1 % в стандартных условиях и на 28,6 % после криогенного воздействия.

Полученные результаты показывают, что наномодифицированные покрытия особенно эффективны в условиях двойного экстремального воздействия (криоген + пожар), характерного для объектов Арктики и СПГ-проектов. Применение таких составов позволит снизить риск преждевременного разрушения несущих конструкций и повысить общую безопасность технологических процессов нефтегазового комплекса. Полученные данные обосновывают необходимость проведения дальнейших опытно-промышленных испытаний для широкого внедрения технологии.

Список источников:

1. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года. С прогнозом до 2036 г.: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 28 дек. 2024 г. № 4146-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Копылов П.С., Головина Е.В., Калач А.В. Оценка поведения огнезащитных покрытий в поле температур от –162 до +1300 °С // Инженерно-физический журнал. 2020. Т. 98. № 1. С. 54–61.
3. Гравит М.В., Недвига Е.С., Фридрих О.А. Воздействие криогенных сред и струйного горения на эпоксидные интумесцентные композиции // Безопасность труда в промышленности. 2024. № 6. С. 44–52.
4. Зыбина О.А., Гравит М.В. Вспучивающиеся покрытия для огнезащиты строительных конструкций и материалов. // Springer International Publishing. 2020. Т. 11. С. 210.
5. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles / A.I. Shames [et al.] // Diamond and Related Materials. 2009. Vol. 8. No. 2–3. P. 505–510.
6. Углеродные наночастицы, структурные модификаторы и упрочнители полимеров и полимерных композитов / Г.М. Гуляев [и др.] // Авиационные материалы и технологии. 2004. № 2. С. 36–54.
7. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащитные для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Сорокин И.А., Демидов Н.Д. Обеспечение эксплуатационных характеристик огнезащитных вспучивающихся составов для металлоконструкций на объектах транспортировки жидкого водорода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2025. № 4 (56). С. 70–75.
9. Лоран Н.М., Циркина О.Г., Пустовалов И.А. Исследование эксплуатационных характеристик вспучивающегося огнезащитного покрытия, модифицированного углеродными наноструктурами // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 104–110.
10. Гравит М.В., Клеменьев Б.А., Шабунина Д.Е. Огнестойкость стальных конструкций с эпоксидной огнезащитой при криогенном воздействии // Портал про пожарную безопасность. 2022. URL: <https://propb.ru/articles/blog-gravit-m-v/ognestoykost-stalnykh-konstruktsiy-s-epoksidnoy-ognezashchitoy-pri-kriogennom-vozdeystviy/> (дата обращения: 17.03.2026)

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 21.04.2026; принята к публикации: 28.04.2026

Информация об авторах:

Демидов Николай Дмитриевич, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: demidov.nd@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4091-2722>, SPIN-код: 2014-5353, AuthorID: 1327717.

Сорокин Игорь Александрович, кандидат технических наук, начальник кафедры «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: igor_40in@mail.ru, SPIN-код: 8002-4750, AuthorID: 860800

Емельянова Анна Николаевна, старший преподаватель кафедры «Пожарная безопасность технологических процессов и производств», Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: anna.nik.00@yandex.ru, SPIN-код: 4286-6170, AuthorID: 791924

ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

Аналитическая статья

УДК 681.3; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-38-44

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОМБИНАТОРИКЕ И МОДЕЛИРОВАНИИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

✉ Лабинский Александр Юрьевич.

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

✉ Labinsciy@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены возможности информационных технологий в комбинаторике, а также в компьютерном моделировании случайных величин. В целях ликвидации последствий любого стихийного бедствия принимаются решения, которые зависят от множества случайных факторов.

В статье рассмотрены особенности решения вероятностных задач, присущих процессу ликвидации стихийного бедствия, которые заключаются в том, что решение существенно облегчается при использовании комбинаторных формул. Каждая комбинаторная формула определяет число возможных исходов в некотором процессе (опыте), состоящем в случайном выборе (наудачу) M элементов (вариантов, способов) из N различных элементов рассматриваемого множества.

Рассмотрены основной принцип и основные формулы комбинаторики, которыми являются формулы размещений, перестановок и сочетаний.

Подробно рассмотрены особенности компьютерного моделирования комбинаторных формул в виде программы для ЭВМ.

В статье рассмотрены также особенности компьютерного моделирования случайных величин, включая алгоритмический способ получения случайных чисел. Приведен алгоритм получения равномерно распределенных псевдослучайных чисел, который реализован в виде программы для ЭВМ.

Ключевые слова: информационные технологии, компьютерное моделирование, вероятностные задачи, комбинаторика, размещения, перестановки, сочетания, случайные величины, псевдослучайные числа, компьютерная программа

Для цитирования: Лабинский А.Ю. Информационные технологии в комбинаторике и моделировании случайных величин // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2026. № 2. С. 38–44. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-38-44

Введение

Природная неопределенность, присущая любому стихийному бедствию, характеризуется неопределенностью определяющих стихийное бедствие параметров. В целях ликвидации последствий любого стихийного бедствия принимаются решения, которые зависят от множества случайных факторов.

Комбинаторика является разделом математики, изучающим задачи выбора различных элементов из заданного множества. При решении таких задач необходимо подсчитать число возможных вариантов осуществления некоторого действия, например, по ликвидации последствий стихийного бедствия (землетрясения, наводнения, пандемии, урагана и т.п.) с целью определения его эффективности.

Решение вероятностных (случайных) задач, присущих процессу ликвидации стихийного бедствия, существенно облегчается при использовании комбинаторных формул. Каждая комбинаторная формула определяет число возможных исходов в некотором процессе (опыте), состоящем в случайном выборе (наудачу) M элементов (вариантов, способов) из N различных элементов рассматриваемого множества.

Сформулируем постановку задачи для данной статьи. Нужно рассмотреть возможности компьютерного моделирования комбинаторных формул, используемых в процессе решения задач по ликвидации последствий стихийных бедствий.

Тема статьи актуальна, так как автоматизация процессов решения задач по ликвидации последствий стихийных бедствий является актуальной задачей.

Элементы комбинаторики

Комбинаторика – раздел математики, который изучает методы подсчета числа различных комбинаций и почти всегда отвечает на вопрос: «Сколькими способами можно выполнить некоторое действие?». Термин «комбинаторика» впервые использовал немецкий математик Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716 гг.) в 1666 году. Г.В. Лейбниц создал комбинаторику как науку, создал математический анализ (дифференциальное и интегральное исчисления) и заложил основы математической логики (описал двоичную систему счисления с основанием этой системы – цифрами 0 и 1) [1-4].

Основной принцип комбинаторики: Если действие разбивается на две операции, которые могут быть выполнены m и n способами соответственно, то общее число действий $= m \times n$.

Основными формулами комбинаторики являются формулы размещений (швейцарский математик Якоб Бернулли, 1665-1705 гг.), перестановок и сочетаний (французский математик, механик, физик Блез Паскаль, 1623-1662 гг.).

Число размещений соответствует числу всех возможных способов разместить N объектов в M местах. Число размещений: $A_m^n = m! / (m - n)!$.

Число перестановок N объектов это любая последовательность N различных объектов с учетом порядка этих объектов. Число возможных перестановок:

$P_n = n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$. Число сочетаний из N элементов по M – это любое подмножество из M элементов множества, содержащего N элементов.

Число всех различных сочетаний: $C_n^m = A_n^m / P_m = n! / [m! \cdot (n - m)!]$.

Построив таблицу сочетаний (таблицу биномиальных коэффициентов – треугольник Паскаля), можно обнаружить закономерность (табл. 1).

Таблица 1

Треугольник Паскаля

n	M								$\Sigma (2^n)$
	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1							2
2	1	2	1						4
3	1	3	3	1					8
4	1	4	6	4	1				16
5	1	5	10	10	5	1			32
6	1	6	15	20	15	6	1		64
7	1	7	21	35	35	21	7	1	128
8	1	8	28	56	70	56	28	8	256

Последний столбец таблицы 1 содержит элементы бинарного ряда: $a_n = 2^n$

В Индии (2 век до н.э.) была известна формула: $C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^m = 2^n$, причем $m < n$.

Формула бинома Ньютона: $(1+x)^n = C_n^0 + x \cdot C_n^1 + x^2 \cdot C_n^2 + \dots + x^m \cdot C_n^m + \dots + x^n \cdot C_n^n$

Если $x=1$, то $2^n = C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^m + \dots + C_n^n$

Свойства числа сочетаний: $C_n^0 = C_n^1 = 1$; $C_n^k = C_n^{n-k}$; $C_{n+1}^k = C_n^k + C_n^{k-1}$.

Если в таблице биномиальных элементов сдвинуть каждый столбец вниз на 2 позиции, то последний столбец будет содержать элементы ряда Фибоначчи (табл. 2).

Таблица 2

Таблица биномиальных элементов со сдвигом позиции

n	M								$\Sigma \Phi_n$
	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	1								1
2	1								1
3	1	1							2
4	1	2							3
5	1	3	1						5
6	1	4	3						8
7	1	5	6	1					13
8	1	6	10	4					21
9	1	7	15	10	1				34
10	1	8	21	20	5				55

Компьютерное моделирование комбинаторных формул

Компьютерному моделированию посвящены работы [5–10]. Программа для ЭВМ CombineCalc производит моделирование основных операций комбинаторики: размещений, перестановок и сочетаний, в том числе с повторениями.

Число размещений обозначается $A_n^m = n! / (n - m)!$. Размещения с повторениями из n -элементов по m -элементов: $A_n^m = n^m$.

Любая последовательность n различных объектов с учетом порядка называется перестановкой этих объектов. Число всех возможных перестановок $P_n = n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$. Число перестановок с повторениями определяется по формуле: $P_n = n! / (n_1! \cdot n_2! \cdot n_3! \dots)$, где $n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$.

Любое подмножество из m элементов множества, содержащего n элементов, называется сочетанием из n элементов по m . Число всех различных сочетаний: $C_n^m = A_n^m / P_m = n! / [m! \cdot (n - m)!]$. Сочетания с повторениями определяются по формуле: $C_n^m = (n + m - 1)! / [m! \cdot (n - 1)!]$.

В начале расчета задаются величины n и m , затем с помощью флажков выбирается тип операции (размещения, перестановки, сочетания, размещения с повторениями, перестановки с повторениями и сочетания с повторениями) и нажимается кнопка «Вычислить». Окно программы CombineCalc (рис. 1):

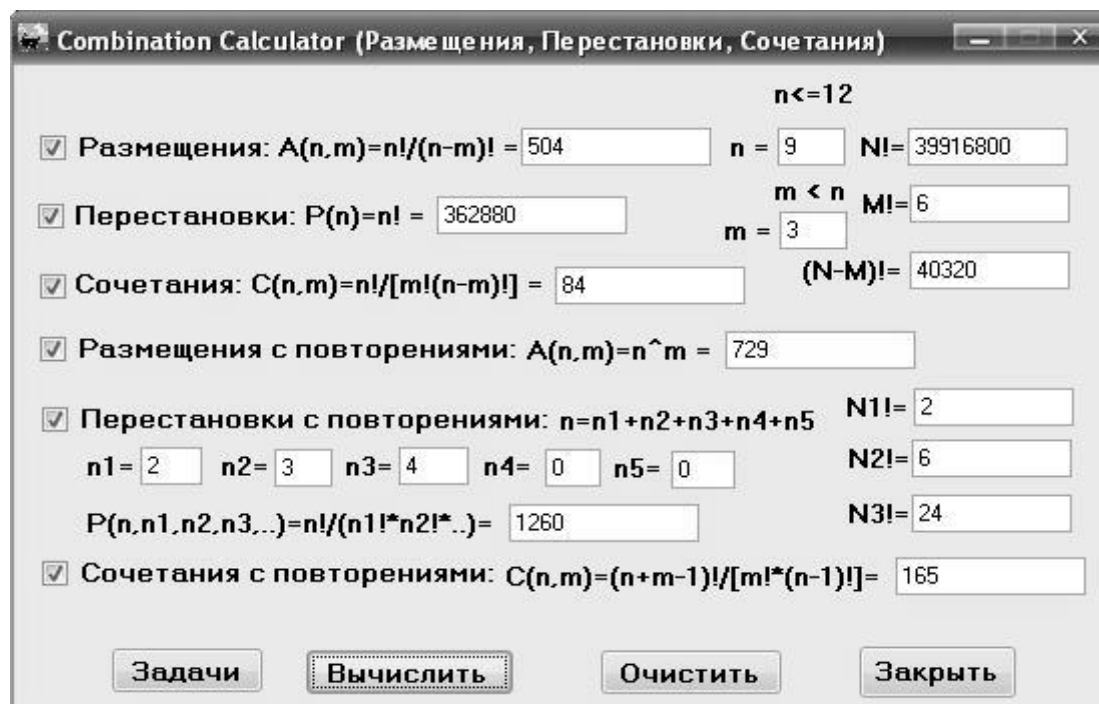


Рис. 1. Окно программы CombineCalc

При выборе расчета «Перестановки с повторениями» дополнительно нужно задать значения n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 .

При нажатии кнопки «Задачи» выводится окно, в котором представлено 11 типовых задач по комбинаторике с ответами. Окно вывода задач по комбинаторике представлено на рис. 2.

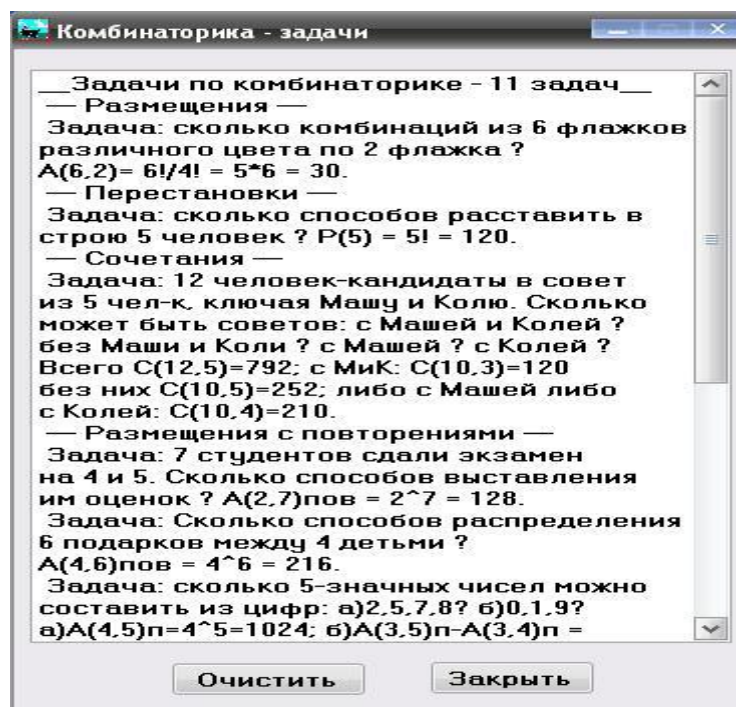


Рис. 2. Окно вывода задач по комбинаторике

Моделирование случайных величин

При моделировании различных процессов и явлений, имеющих случайную (вероятностную) природу, используются статистические методы, отображающие явления и процессы с помощью случайных (стохастических) событий, описываемых вероятностными (статистическими) характеристиками [4].

Обработка статистических данных, необходимая для принятия решений по ликвидации последствий стихийных бедствий, осуществляется с помощью различных статистических методов, одним из которых является метод статистических испытаний, использующий псевдослучайные числа [2].

Метод статистических испытаний заключается в моделировании исследуемого процесса с помощью вероятностной модели и основан на многократном проведении испытаний созданной вероятностной модели. Получение случайных чисел в вероятностной модели основано на создании при помощи ЭВМ последовательности равномерно распределенных чисел.

Под случайной величиной (числом) понимают величину, которая в результате опыта принимает значение, которое заранее неизвестно [1].

Другое определение – случайной величиной X называется числовая функция, определенная на пространстве элементарных событий Ω , которая каждому элементарному событию ω ставит в соответствие число $X(\omega)$.

Случайная величина, принимающая конечное или счетное множество значений, называется дискретной (д.с.в.).

Случайная величина, принимающая несчетное множество значений, называется непрерывной (н.с.в.).

Таким образом, д.с.в. принимает отдельные изолированные значения, а н.с.в. принимает значения из некоторого промежутка (например, на отрезке $[0, t]$, где $t \geq 0$).

Алгоритмический способ получения случайных величин

Основным способом получения на ЭВМ равномерно распределенных случайных чисел является программный способ с помощью рекуррентного соотношения, называемый алгоритмическим, а сами случайные числа – псевдослучайными (или квазислучайными) числами, так как они находятся с помощью детерминированного математического выражения.

Последовательность равномерно распределенных псевдослучайных чисел должна удовлетворять следующим требованиям [2]:

- выборочная совокупность случайных чисел должна отвечать критериям проверки «случайности», а распределение этих чисел должно несущественно отклоняться от равномерного распределения;
- количество операций, идущее на получение одного псевдослучайного числа, не должно быть слишком большим;
- в процессе работы программы распределение этих чисел и степень их коррелированности не должны меняться.

Псевдослучайные числа могут быть получены многими способами.

Для получения псевдослучайного числа наиболее часто используется рекуррентный метод, алгоритм которого содержит несколько шагов [8]:

- 1) С помощью датчика случайных чисел создается любое случайное число A .
- 2) Осуществляется нормализация числа A .
- 3) В памяти ЭВМ число A сдвигается на 7 разрядов влево $\rightarrow$ число B .
- 4) Производится операция сложения: $A + B = C$.
- 5) Берется модуль числа C : $A = |C|$.

Результат работы алгоритма – псевдослучайное число ξ , равномерно распределенное в интервале $[0, 1]$. Случайная величина $Z(a, b)$, равномерно распределенное в интервале $[a, b]$ определяется по формуле: $Z(a, b) = a + (b - a) \cdot \xi$.

Моделирование псевдослучайных чисел

Программа для ЭВМ RanNum позволяет производить моделирование процесса получения псевдослучайных чисел (кнопка «Calc»), используя две функции из библиотеки стандартных функций ЭВМ: Random и RanNum. Результат моделирования может быть представлен в наглядном графическом виде (кнопка «Paint») в отдельном окне в виде гистограммы распределения. Окно программы представлено на рис. 3:

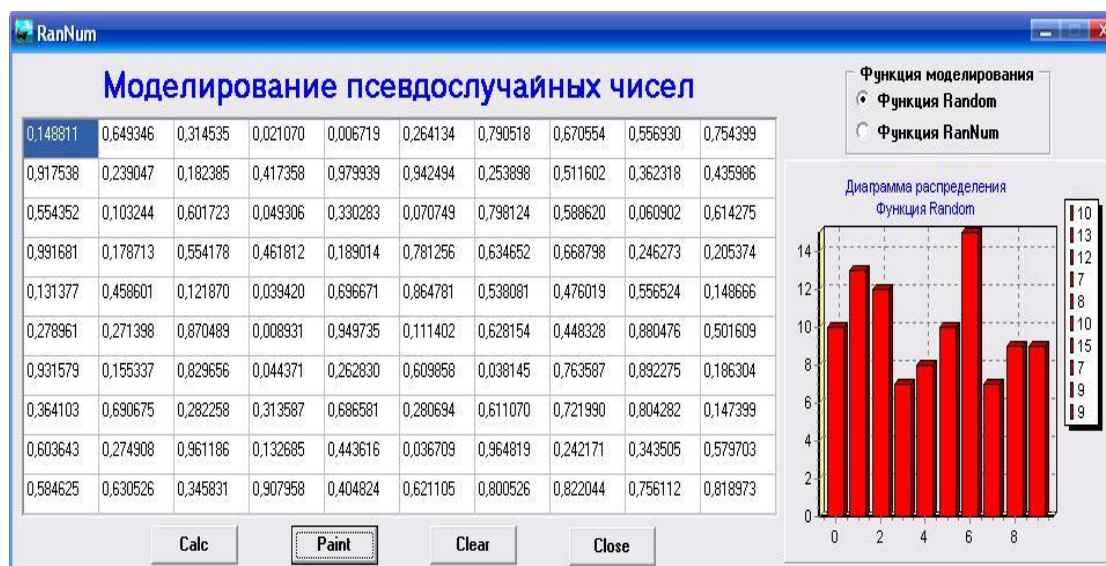


Рис. 3. Программа моделирования псевдослучайных чисел RanNum

Заключение

Представленные результаты компьютерного моделирования комбинаторных формул и моделирования процесса получения псевдослучайных чисел демонстрируют возможности имитационного моделирования с помощью программы для ЭВМ CombineCalc, реализующей комбинаторные формулы размещений, перестановок и сочетаний, а также программы для ЭВМ RanNum, реализующей алгоритм получения равномерно распределенных псевдослучайных чисел.

В программе для ЭВМ CombineCalc при нажатии кнопки «Задачи» выводится окно, в котором представлено 11 типовых задач по комбинаторике с ответами, что облегчает использование данной программы и дает возможность применять программу также в целях обучения комбинаторике.

Научная новизна исследования, отражающая личный вклад автора, заключается в создании автором компьютерных моделей, реализованных в виде программ для ЭВМ CombineCalc и RanNum.

Список источников

1. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. М.: Айрис-пресс, 2008. 288 с.
2. Ивановский Р.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Основы, прикладные аспекты с примерами и задачами в среде Mathcad. СПб: БХВ-Петербург, 2008. 528 с.
3. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. М.: «Оникс», 2003. 416 с.

4. Комбинаторика и теория вероятностей: учеб. пособие / Т.Н. Антошина [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2023.
5. Боев В.Д., Сыпленко Р.П. Компьютерное моделирование. М.: ИНТУИТ, 2016.
6. Лоу А.М., Кельтон В.Д. Компьютерное моделирование. СПб.: Питер, 2014.
7. Kahneman D. Mathematical Modeling. NY and London, 2016.
8. Системный анализ и принятие решений: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
9. Лабинский А.Ю. Возможности использования информационных технологий в учебном процессе // Природные и техногенные риски. 2020. № 4.
10. Лабинский А.Ю. Компьютерное моделирование: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2021. 210 с.

Информация о статье: статья поступила в редакцию: 10.05.2026; принята к публикации: 15.05.2026

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: labinskyi.a@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>, SPIN-код: 8338-4230

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 не должна быть ранее 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 лично. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *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 – *заключением* об отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющего ученую степень;

в) статья аспиранта (адъюнкта) или соискателя *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**;

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

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов с целью их экспертной оценки. Статьи рецензируются в обязательном порядке членами редакционной коллегии журнала. Основная цель рецензирования – предоставить редакции аргументированную информацию для принятия решения об опубликовании материала.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь **объем** от **8** до **15** страниц. По согласованию с руководством журнала статьи могут быть приняты и большего объема.

3. Оригинальность статей должна быть **не менее 70 %**.

4. 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 анализ

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, подводится итог 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 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.

5. 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**.

6. 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).

7. Оформление рисунков и таблиц:

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

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2 (выравнивание по правому краю листа), ниже, отступив одну строку, – название таблицы (полужирно, выравнивание по центру листа), и далее, отступив строку, следует разместить саму таблицу);

- 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.

8. Оформление библиографии (списка источников):

Список литературы должен содержать **не менее 10 источников**, для **обзорных** аналитических статей **не менее 25 источников**.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок, для обзорных аналитических статей не менее 50 %.

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

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. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. трудов. 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. 32–37.
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.

9. 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/>); SPIN-код для каждого автора (elibrary.ru).

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

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

✉ **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. К вопросу оценки последствий чрезвычайных ситуаций // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2022. № 2 (42). С. 9–15 (ОФОРМЛЯЕТСЯ РЕДАКЦИЕЙ).

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)

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 10.01.2022

Принята к публикации: 11.02.2022

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>, SPIN-код: 0123-3210



**SUPERVISORY ACTIVITIES AND FORENSIC
EXAMINATION IN THE SECURITY SYSTEM****№ 2–2026****The Editorial board**

Chairman – DSc in 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 – DSc in science **Savic Branko**, director of the Higher technical school Novi Sad (Republic of Serbia).

Deputy chairman – DSc in technical sciences, associate professor **Olga A. Zybina**, Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university.

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

Members of the editorial council:

DSc in 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;

DSc in 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;

DSc in 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;

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

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

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

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

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

PhD in technical sciences colonel of the internal service **Yuriy 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;

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

Editorial team

Chairman – lieutenant-colonel of justice **Irina V. Dmitrieva**, senior editor of the editorial, publishing and information library department of Saint-Petersburg Academy of the Investigative Committee of the Russian Federation.

Members of editorial team:

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

lieutenant-colonel of the internal service **Sergei V. Ilitskiy**, Senior Fire Safety Specialist at the Leningrad Regional Branch of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia;

PhD in technical sciences, associate professor, colonel of the internal service **Yulia N. Belshina**, senior researcher of Scientific research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety;

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;

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

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

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

PhD in 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:

lieutenant colonel of the internal service **Anastasia V. Domnicheva**, head 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

Oksanichenko A.A., Skripka A.V. Integration of the public control system with state supervision as a factor in reducing injuries during open-pit mining 52

THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC EXAMINATION

Osipchuk V.L., Ivakhnyuk S.G., Skukovsky A.G. Issues of developing a quality management system for forensic institutions performing engineering and technical expertise 55

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING

Meshcheryakov I.V., Konstantinova A.S. Investigation of the dependence of the destruction of gas-filled foam based on sf-2u powder on ambient temperature 66

Khomitsky S.A., Kuzmina T.A. Activity of paramilitary mine rescue units in the fire prevention and extinguishing system 73

SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Demidov N. D., Sorokin I.A., Yemelyanova A.N. Improving the safety of technological processes in the oil and gas complex under cryogenic conditions 78

DIALOGUES WITH SPECIALISTS

Labinsky A.Yu. Information technology in combinatorics and modelling of random quantities 83

Full or partial reprint, reproduction, reproduction or other use of materials published in the journal «Supervisory activities and forensic examination in the security system» is not allowed without the written permission of the editorial board

Send feedback and suggestions to the address: 196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149. Editorial office of the journal «Supervisory activity and forensic examination in the security system», tel. (812) 645-20-55, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru. The official website of the scientific and analytical journal: WWW.ND.IGPS.RU, <http://journals.igps.ru>.

The official website of the Saint-Petersburg university State fire service of EMERCOM of Russia: WWW.IGPS.RU

SUPERVISORY ACTIVITIES

Analytical article

UDC 622.87:331.45; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-52-54

INTEGRATION OF THE PUBLIC CONTROL SYSTEM WITH STATE SUPERVISION AS A FACTOR IN REDUCING INJURIES DURING OPEN-PIT MINING

✉ Oksanichenko Alexander A.¹;

Skripka Alexander V.

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

✉ sashaoks2004@yandex.ru

Abstract. The article discusses the problem of high occupational injury rates at open-pit mining facilities in Russia. Based on the analysis of statistical data and scientific publications in recent years, the main causes of accidents have been identified, among which organizational factors and insufficient effectiveness of the existing control system dominate. The necessity of integrating state supervision with public control institutions as a promising direction for improving mining safety is substantiated. Conceptual mechanisms for synergy between supervisory and public institutions are proposed, including the creation of joint commissions, legislative consolidation of the rights of public inspectors and the introduction of digital monitoring platforms. The implementation of these measures will ensure the systematic prevention of violations and significantly reduce the level of injuries in the industry, increasing the safety culture in the mining industry.

Keywords: open-pit mining, industrial injuries, state supervision, public control, industrial safety, integration of control systems, injury prevention, Rostekhnadzor

For citation: Oksanichenko A.A., Skripka A.V. Integration of the public control system with state supervision as a factor in reducing injuries during open-pit mining // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 2. P. 52–54. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-52-54

Introduction

Ensuring industrial safety and reducing injuries remain the top priorities of the Russian mineral resource complex. Open-pit mining is associated with the impact of many dangerous factors on workers, which is confirmed by statistics of recent years. The traditional model of state supervision, complemented by production control, does not always allow timely detection of organizational violations, which are the root cause of most incidents. In this regard, the issue of integrating state supervision with a system of public control capable of providing an independent assessment and prompt response directly at the workplace becomes urgent. The purpose of this article is to substantiate the need for such integration and to develop practical mechanisms for its implementation.

The main part

An analysis of the causes of accidents at mining facilities in Russia shows that up to 90% of injuries and accidents occur due to improper actions of personnel, and about 60% are caused by misconceptions about the real level of danger.

Technological transportation is the most traumatic process in a career: 42.6% of accidents occur in places where cargo flows are concentrated, 38.6% of accidents in transport are caused by traffic violations. The main causes of injuries remain the fall of vehicles from ledges, assaults on personnel, the release of technically defective machines onto the line, the low level of labor and technological discipline, as well as the insufficient effectiveness of the production control system at hazardous facilities [1].

Current data on the Magadan region confirm these conclusions: in 2025, the main causes of minor accidents are employee negligence (50%) and unsatisfactory organization of work, resulting in a lack of supervision by managers (20%). To reduce injuries in the region, it is recommended to strengthen control over technological discipline, eliminate formal inspections and strengthen control over the work of officials [2]. The researchers note that over a ten-year period there has been no significant reduction in the risk of accidents and accidents, which indicates that there are unresolved problems in the field of occupational safety [3]. The works of other authors also confirm the need to improve the state policy in the field of industrial safety [4, 5]. The assessment of occupational risks at enterprises of the Irkutsk region shows that the maximum number of them is observed among open-pit miners, excavator drivers and heavy trucks [6, 7].

The current state of state supervision in the mining industry is characterized by increased attention from Rostekhnadzor. In February 2024, the agency prevented 18 serious accidents at coal mining enterprises in the Kemerovo region. According to Rosstat, occupational injuries in Russia are decreasing: the number of victims decreased from 40.4 to 20.3 cases per 1,000 people in 10 years. However, the potential to reduce injuries through closer cooperation with public institutions remains unrealized [8]. In accordance with Federal Law No. 116 "On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities", open-pit facilities are controlled by Rostekhnadzor, but a formal approach to inspections by production control services reduces their effectiveness. Material damage from accidents in the mining industry can be enormous: in 2006 it amounted to 1109.8 million rubles, which underlines the importance of preventive work [9].

Public control in the field of labor protection can be implemented through trade unions, labor protection commissioners and labor protection committees. The Labor Code of the Russian Federation grants significant powers to trade unions, but in practice their potential is not fully exploited due to a formal approach, insufficient legal protection and weak methodological support. The integration of public control with state supervision involves the creation of a system in which the results of public inspections will be binding and serve as the basis for unscheduled inspections of Rostekhnadzor. State inspectors, having the authority, can rely on information from public structures for more accurate planning of events. Public inspectors, acting directly in labor collectives, are able to identify the "precursors" of accidents — minor violations of discipline and unsafe work practices that create a high risk of injury.

The mechanisms of such integration can be diverse. First, the creation of joint commissions with the participation of Rostekhnadzor, trade unions and employers to investigate accidents and analyze micro-injuries. Secondly, the legislative consolidation of the right of public inspectors to send materials to the supervisory authorities with the obligation to review them. Thirdly, the introduction of joint monitoring using digital technologies, when information about violations is transmitted to the employer for immediate elimination and accumulated in the supervisory authorities for risk analysis. Integration becomes particularly important in the context of changing regulatory frameworks. The entry into force of new methods for the special assessment of working conditions and new rules on occupational safety requires a public examination of their implementation on the ground.

Public control is able to perform the feedback function, demonstrating the real picture of the application of new standards on the ground. Reducing the injury rate has a pronounced economic reason: the amount of direct financial losses from incidents (equipment damage and compensation costs) can be radically reduced. Financing public oversight mechanisms and their integration with the activities of government agencies should be considered as an investment in the continuity of the production cycle. However, for the full implementation of this model, a number of problems have to be solved. It is necessary to specify the powers and legal protection of public inspectors at the

legislative level. It requires the creation of unified methodological approaches to coordinating the work of occupational safety specialists, trade union cells and Rostekhnadzor inspectors. The training of public control personnel and the launch of digital information services providing operational data exchange remain priorities [10].

Conclusion

Summing up, it should be noted that combining the capabilities of public supervision with the activities of state regulatory structures in the field of open-pit mining is a significant reserve for reducing the number of accidents at work. The study of the factors leading to emergency situations strongly indicates the predominance of managerial miscalculations and the influence of behavioral aspects of personnel. To neutralize these threats, regular monitoring is required, regardless of the administrative resource of the enterprise. The joint work of inspections and representatives of the public will make it possible to identify critical deviations from safety standards at the stage of their origin. The result of this interaction will be not only a quantitative reduction in injuries, but also a qualitative strengthening of the culture of safe work in the extractive sector.

References

1. Syromyatnikov D.B., Gridina E.B., Yastrebova K.N. The main causes of accidents and injuries at open-pit mining facilities in Russia and ways to eliminate them // Mining information and Analytical Bulletin. 2012. No. 12. pp. 405-413.
2. In the mining organizations of the Magadan region, it is recommended to take preventive measures to reduce injuries // Official website of the Magadan City Hall. 2025. 15 Aug. URL: https://magadangorod.ru/press/news/index.php?id_4=102570 (accessed: 03/11/2026).
3. Analysis of occupational injuries and accidents in the mining and non-metallic industry / G.V. Stas [et al.] // Proceedings of Tula State University. Earth Sciences. 2011. No. 2. pp. 195-202.
4. Assessment of accidents and industrial injuries in the development of minerals by the open method / O.A. Lubenskaya [et al.] // Bulletin of the BSTU named after V.G. Shukhov. 2013. No. 1. pp. 140-144.
5. Murzin M.A. Assessment of occupational risks of mining complexes of the Irkutsk region // Accreditation in education. 2013. No. 7 (123). pp. 42-45.
6. Klimova E.V., Lubenskaya O.A. Analysis of occupational injuries at open-pit mining enterprises // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mining magazine. 2014. No. 2. pp. 78-83.
7. Pushkarev A.E., Stas G.V. Improvement of the industrial safety management system at mining enterprises // Occupational safety in industry. 2013. No. 5. pp. 45-49.
8. Kislitsyna A. Safety and labor protection in the mining industry in 2024 // Globus: geology and Business. 2024. March 18. URL: <https://www.vnedra.ru/bezopasnost/bezopasnost-i-ohrana-truda-v-gornoj-promyshlennosti-v-2024-godu-24284/> (accessed: 03/11/2026).
9. Stas G.V., Sarychev V.I., Pushkarev A.E. Occupational injuries and accidents in the mining and non-mining industries // Proceedings of Tula State University. Earth Sciences. 2012. No. 1. pp. 186-192.
10. Grishin V.N., Petrov I.A. Digital technologies in the industrial safety monitoring system // Mining Journal. 2024. No. 3. pp. 45-50.

Information about the article: the article was received by the editorial office: 10.06.2026; accepted for publication: 14.06.2026

Information about the authors:

Alexander A. Oksanichenko, a 4th-year student at the Faculty of Economics and Law of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky Ave., 149), e-mail: sashaoks2004@yandex.ru.

Alexander V. Skripka, Head of the Department of Mining and Explosion Safety 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: skripka.a@igps.ru, SPIN code: 3543–5366

THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC EXAMINATION

Analytical article

UDC 658.5; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-55-65

ISSUES OF DEVELOPING A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR FORENSIC INSTITUTIONS PERFORMING ENGINEERING AND TECHNICAL EXPERTISE

Osipchuk Valeriya I.;

✉ Ivakhnyuk Sergey G.

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

Skukovsky Anatoly G.

Saunt-Petersburg Academy of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia

✉ sgi78@mail.ru

Abstract. The article discusses issues of effective management, maintaining a high level of expertise of experts, as well as increasing the reliability and validity of expert opinions relevant to any expert institutions, regardless of their organizational and legal form and departmental affiliation. Practical suggestions are given on the formation of organizational and managerial decisions, as well as methods, processes and resources used to improve the quality of forensic expertise necessary to create conditions for the effective provision of justice. The article offers an author's approach to the development of a quality management system for forensic institutions performing engineering and technical expertise, taking into account the identified specifics of their production.

Keywords: quality management system; risk-based approach; forensic examination; engineering and technical expertise; forensic institutions

For citation: Osipchuk V.L., Ivakhnyuk S.G., Skukovsky A.G. Issues of developing a quality management system for forensic institutions performing engineering and technical expertise // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 2. P. 55–65. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-55-65

Introduction

The processes of practical implementation of quality management mechanisms in the activities of forensic expert institutions (hereinafter referred to as SEUs) in our country and abroad have developed on the basis of different concepts. In the USSR, the scientific approach to labor organization prevailed, which is a process of its improvement based on scientific achievements and best practices.

In turn, standardization and accreditation have been chosen abroad as the main model for ensuring the quality of work of research and testing laboratories, the results of which are the foundation for the production of certain types of forensic examinations. It is this approach that has become prevalent in order to optimize and improve the efficiency of SEU activities in our country since the early 2000s.

According to it, the quality management system (hereinafter referred to as QMS) is part of the overall management system of an organization that operates to ensure stable quality of products and services provided through certain documentation [1].

In accordance with the international standard ISO 9001-2015, which establishes requirements for the QMS of an organization, it is necessary to develop achievable goals related to the quality policy, which is one of the main and strategic documents of the organization [2]. This document allows you to define the main principles and areas of work in the field of quality. On the basis of a general policy, any structural or separate subdivision of an organization sets its own goals and objectives in the field of quality.

There is no formalized list of documents required for development and execution in the ISO 9001-2015 standard. In turn, the document obliges to standardize the processes, document the QMS and implement the developed and accepted standards in practice. At the same time, the systematization of processes, as well as the implementation of

integrated management approaches and subsequent certification require significant research and analytical work, numerous audits, and, in general, great efforts on the part of developers, since each individual organization has a number of specific features and a specific set of relevant documents [3, 4].

The purpose of this article was to assist the organization's management in developing scientifically sound principles for creating QMS for expert institutions whose tasks include the production of engineering and technical expertise.

The analytical part

The relevance of the QMS implementation in expert institutions is due to the need to ensure the proper quality of execution of all procedures of forensic expertise without exception. At the same time, the production of forensic examinations must comply with the regulatory documents in force in the Russian Federation that define the requirements for expert organizations, experts, the procedures they carry out, as well as the specifics of document management.

Engineering and technical expertise (hereinafter referred to as ITE) is a class of forensic examinations based on special technical knowledge related to the invention, development, creation, implementation, operation, repair, maintenance and (or) improvement of equipment, materials or processes, applicable to identify the conformity of an object with established requirements [5].

ITE includes, among other things, fire-technical, explosive, automotive, and construction-technical expertise. Their production at the SEU is aimed at identifying the facts and circumstances of the incident, determining the causes of deficiencies, incidents and other problems during the production and operation of structures, equipment, and mechanisms. The key tasks of the ITE are also to identify the causes of technical malfunctions and accidents, analyze the compliance of facilities with regulatory requirements, identify defects, design and operational errors, as well as establish the species and generic affiliation of research facilities [6, 7, 8].

ITE is conducted by government expert organizations (forensic expert institutions and units of the Ministry of Emergency Situations of Russia, forensic centers of the Ministry of Internal Affairs of Russia, forensic expertise centers under the Ministry of Justice, forensic expert centers of the Investigative Committee of Russia, etc.), private expert organizations (for example, independent expert bureaus), as well as certified experts and engineers with specialized education.

The authors consider it important to include the following main points in the specifics of ITE production:

- high requirements for the basic education of an expert (higher technical education in chemistry, physics, heat engineering, mechanics, construction, etc.);
- a significant probability of attracting specialists from third-party organizations with the necessary competencies for the production of a specific examination (for example, a specialist in the field of fire automation, lightning protection devices, artillery, unmanned aerial vehicles, technology production of a specific type of product, etc.);
- the use of expensive analytical equipment (chromatographs, optical and electron microscopes, spectrometers, gas analyzers, etc.);
- the demand for the competencies of specialists in the field of inspections of accident sites (methodological and technical-forensic support);

- conducting tests of substances and materials in accordance with the applicable regulatory technical documents;
- conducting field and model experiments in relation to research objects of various nature;
- involvement of third-party organizations to provide additional services (synthesis of explosives, production of mock-ups or models of research objects, provision of mock-ups, test benches, landfills for conducting explosive or firing experiments);
- carrying out work with dangerous substances and materials (explosives, combustible substances, flammable liquids, toxic substances, biological objects, cadaverous material, etc.).

The most significant features of ITE, including for the purposes of this article, include:

- the need for strict observance of the basic principles of public safety and personal safety of an expert when working with specific research objects, including the mandatory involvement of special services for preliminary examination of individual examination objects (engineers, sappers, emergency rescue units, sanitary and epidemiological services, etc.);
- the uniqueness of each study, justifying the need for individual design of the structure of the expert opinion and the distribution of functionality among the performers involved in its implementation.

The listed specifics of the implementation of ITE must be taken into account when creating a QMS, as it can have a significant impact on the development of risk management procedures.

In today's world of innovation and process optimization, it is important to calculate every step of management, and especially risk management. One of the key objectives of the QMS is to act as a warning tool. The concept of preventive action is expressed through the use of risk-based thinking in the formulation of requirements for the quality management system.

But before starting to identify and assess risks, first of all, it is necessary to conduct an internal audit of the processes implemented in the organization, including in order to identify existing problems. To do this, it is necessary to study accounting documents, existing methods of measuring and monitoring processes, calculate their performance indicators, and prescribe implementation procedures, which at the initial stage implies the development of a process model – a set of processes and interactions between them, the result (output) of which is products (services) sold to consumers, and inputs – material, technical, information and labor resources received from "suppliers" [9].

To understand the processes implemented in SEUs performing ITE, the authors have developed a process model for their production (Fig. 1).

The organizational structure of the processes implemented in the expert organization consists of three levels. The four basic top-level processes: planning, audit and analysis of expert activities, as well as management decision-making are a set of management processes that ensure the implementation of the Deming cycle (PDCA) [10]. The second level of the developed process model represents the main enlarged stages of the sequential production of forensic examinations, taking into account the specifics of the engineering and technical direction identified by the authors. The third level of the process model reveals the complex of supporting processes required to be performed during the production of forensic examinations.

The Organization should contribute to improving the quality of its work and achieve sustainable success by consistently meeting the needs and expectations of its stakeholders on a long-term basis. To do this, it is necessary to determine which of them pose a risk to its sustainable success if their needs and expectations are not met, and which ones can provide opportunities to increase it [11]. After identifying the relevant PO, the organization should identify their needs and expectations and identify those that need to be addressed, as well as establish the processes necessary to meet their needs and expectations.

Среда организации	1. Процессы управления СЭУ					Удовлетворенность потребителей	
	Планирование экспертной деятельности	Аудит процессов производства экспертиз	Анализ процессов производства экспертиз	Принятие управленческих решений			
	2. Основные процессы производства экспертиз						
Требования потребителей	Приемка материалов на объект исследования	Оценка безопасности объектов исследования	Проектирование структуры заключения эксперта и распределение функционала	Проведение исследований, испытаний, экспериментов и пр.	Подготовка заключения эксперта	Сопровождение заключения эксперта (допросы эксперта, выступление в суде)	Продукция и услуги
3. Обеспечивающие процессы							
Ожидания заинтересованной стороны	Обучение и аттестация экспертов	Обеспечение оборудованием и расходными материалами	Обеспечение информационной средой	Управление производственной безопасностью	Финансовое обеспечение		

Fig. 1. The process model of ITE production

Taking into account the above, the authors identified the main beneficiaries, partners and other stakeholders for the process under study, reviewed and analyzed their capabilities and preferences, and proposed measures to involve stakeholders in organizational processes and identified the benefits of the SEU, which are summarized in Table 1.

Table 1

Stakeholders in the ITE production process

External Stakeholders (ZS)	Capabilities of Stakeholders	Methods of Interaction
Initiators of expert examinations	Increase / decrease in the number of assignments for conducting expert examinations	Commissioning of expert examinations. Working meetings and consultations
Third-party expert organizations, laboratories, Centers for Shared Use of Analytical Equipment	Provision of specialists with the required competencies and qualifications, analytical and testing equipment, data storage and processing systems	Engagement of specialists and material-technical resources of third-party organizations
Scientific community	Implementation of results obtained during expert examinations that possess scientific novelty	Joint research and development work (R&D), scientific publications. Utilization of the intellectual property (RID) obtained
External Stakeholders	Capabilities of Stakeholders	Methods of Interaction
Individual interested parties (suspect, accused, their defense counsel, victim)	Positive / negative influence on the psychological state of the expert during the examination	Participation in the examination as an observer, providing explanations to the expert

Risk-based thinking is used to achieve the effectiveness of the QMS. The concept of risk-based thinking implies performing preventive actions aimed at eliminating potential ones, as well as analyzing any inconsistencies that arise and taking measures to prevent their recurrence. The risk-based thinking applied in ISO 9001-2015 provides an opportunity to reduce the peremptory

requirements and replace them with requirements based on real business practices. With the maintenance of the standard, there is more flexibility in the requirements for processes, documented information, and the allocation of responsibilities in organizations [12].

The use of a risk-based approach in the conduct of any forensic examinations convinces of the need to:

- when assigning an expert examination to a specific expert, take into account all circumstances that may lead to a conflict of interest.;
- when conducting expert examinations, pay special attention to the issues of obtaining additional relevant materials on the process or phenomenon under study in order to achieve reliable, reasonable and categorical conclusions in the expert opinion.;
- when searching for co-executors to prepare sections of the expert opinion, focus on the capabilities of their own departments and departmental organizations that provide services free of charge.

In the course of the study, the authors identified the basic risks and opportunities of the ITE production process, which are reflected in Table 2.

Table 2

Risks and opportunities of the process

Risk Name	Management Method
Special obvious and hidden danger of the presented research objects	Not managed
Absence of a specialist with the required competence and qualification on the staff of the Forensic Expert Unit (FEU)	Managed within the Risk Management System (RMS)
Lack of necessary testing and analytical equipment at the disposal of the FEU	Managed within the RMS
Receipt of unsatisfactory quality materials about the research object for examination	Managed within the RMS
Recusal of the expert	Not managed
Presence of certain categories of interested parties (suspect, accused, their defense counsel, victim, representative) during the examination	Not managed
Opportunity Name	Responsible for Implementation (example)
Acquisition of "best practices" applicable to methodological support of forensic expert activities	Department of Innovative and Information Technologies
Acquisition of "best practices" applicable to educational activities in the areas of forensic expert activities	Department for Organization of Expert Training
Establishment of long-term mutually beneficial relationships with new co-executors	Department for Ensuring Expert and Scientific-Technical Activities

According to the ISO 9001-2015 standard, organizations should not only allocate processes according to industry specifics, but also ensure their interaction, performance criteria, resources and monitoring. It is necessary to develop a system for monitoring quality management processes, which is a continuous monitoring of the state, analysis of the dynamics of implementation and forecasting the development of the main production processes. The methods proposed by the authors of the article for measuring, monitoring and controlling the ITE production process are reflected in Table 3.

Table 3

Methods of measurement, monitoring and control of the process

Methods	Executed by (example)
Process measurement methods	
Calculation of performance indicators of the FEU (see Table 4)	Department of Innovative and Information Technologies
Process monitoring methods	
Reports on the expert activities of the FEU based on assignments from preliminary investigation bodies	Department of Innovative and Information Technologies
Reports on the expert activities of the FEU within the framework of income-generating activities	Department for Ensuring Expert and Scientific-Technical Activities
Reports on the expert activities of the FEU within the framework of fulfilling the state assignment	Department of Innovative and Information Technologies
Process control methods	
Incoming control of court rulings and materials on research objects	Department of Forensic Examinations
Outgoing control of the expert's conclusion	Head of the Department of Forensic Examinations

In the ISO 9000 series of standards, one of the main tools for improving an organization's quality performance is to measure the effectiveness of the current QMS. The methodology for evaluating the effectiveness of QMS is not regulated by any standards, so each organization is faced with the need to choose or develop its own original method [13].

The authors of the article have developed basic performance indicators of the SEU, divided into groups to assess: the performance of the SEU, the completeness of the production process of expertise and satisfaction of the external consumer (Table 4).

The proposed indicators and the criteria for the effectiveness of processes established for them must go through the stage of coordination with internal and external consumers of the process, after which they become the justification for carrying out procedures for making changes to the organization of the process and its regulations.

Expert institutions should establish the sequence and interaction of QMS processes, that is, build a correct, logical and developable organizational structure, as well as determine how the processes interact with each other. To demonstrate such an interaction, diagrams, maps, or interaction matrices are developed. They allow you to define the characteristics or requirements for the input parameters.

To achieve the objectives of this article, the authors have developed an algorithm for the production of ITE, which is presented in the form of a functional flowchart (Fig. 2), demonstrating the distribution of subprocesses between the functionality of the head of the SEU, the head of the forensic expertise department, the expert (responsible executor), co-executors, initiators of examinations and individual stakeholders.

Table 4

Basic performance indicators of forensic institutions

Indicator Name	Calculation Formula and Units of Measurement	Frequency
Indicators for evaluating products / services		
Coefficient of fulfillment of the State Assignment Plan in the area of expert activity (budgetary activity), Kvp, %	$Kvp = Nf / Npl \times 100\%$, where: Nf– number of expert examinations actually performed; Npl– number of items in the State Assignment Plan	Monthly
Coefficient of fulfillment of the Financial Activity Plan in the area of expert activity (extrabudgetary activity), Kpdd, %	$Kpdd = Df / Dpl \times 100\%$, where: Df– actual income received; Dpl– planned income	Monthly
Indicators for evaluating the process		
Degree of readiness of the expert's conclusion, Kread, %	Kread= total degree of readiness of all sections of the conclusion	3 days before the deadline for completing expert examinations
Indicators for evaluating external customer satisfaction		
Number of expert examinations recognized as inadmissible evidence, Knd, %	$Knd = End / Etot \times 100\%$, where: End– number of expert examinations recognized as inadmissible evidence; Etot– total number of expert examinations performed	Annually
Number of expert conclusions for which repeat expert examinations were performed, Krep, %	$Krep = Erep / Etot \times 100\%$, where: Erep– number of expert conclusions for which repeat expert examinations were performed; Etot– total number of expert conclusions issued	Annually

The developed algorithm implements the elements of the Deming control cycle (PDCA) at 4 nodal stages in accordance with the requirements of ISO 9001-2015.:

- a cycle with subprocesses "04." and "05." – establishing the correctness of the execution of the resolution (wording of questions, correspondence of the content to the incident plot, correctness of the list of objects provided, etc.);

- cycle with subprocesses "06." and "07." – assessment of the sufficiency and quality of the materials provided, including checking the availability of safety certificates for submitted facilities (for example, from engineering and sapper units or sanitary and epidemiological stations);

- cycle with subprocesses "08." and "09." – checking for complexity and the need to involve co-executors, individual design of the structure of the expert opinion;

- a cycle with subprocesses from "06." to "10." – output control of the finished expert opinion.

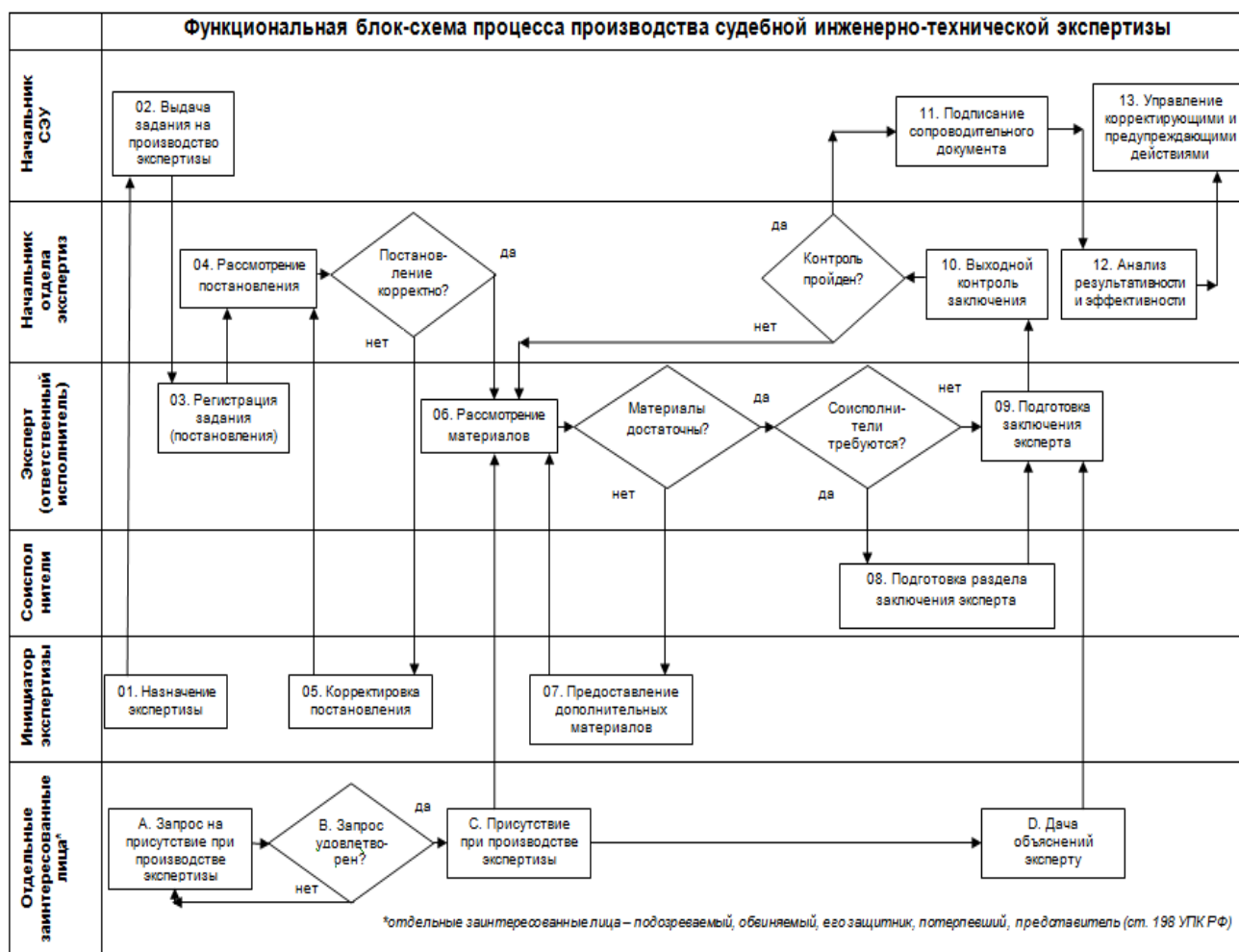


Fig. 2. Functional flowchart of the ITE production process

The main "inputs" into the process of functioning of expert units are: a task for the production of expertise, case materials for the process or phenomenon under study, a planned indicator of the state task for the production of expertise, a planned indicator of income-generating activities in the field of expertise. The results of the process will be such "outputs" as: expert opinion, appendices to the expert opinion, reviews of deficiencies identified at various stages of the production of examinations, reports on "best practices" based on the results of the production of examinations, a report on the performance of key performance indicators.

A simple flowchart of the ITE production process developed by the authors, which defines the inputs and outputs of the subprocesses, is presented on Fig. 3.

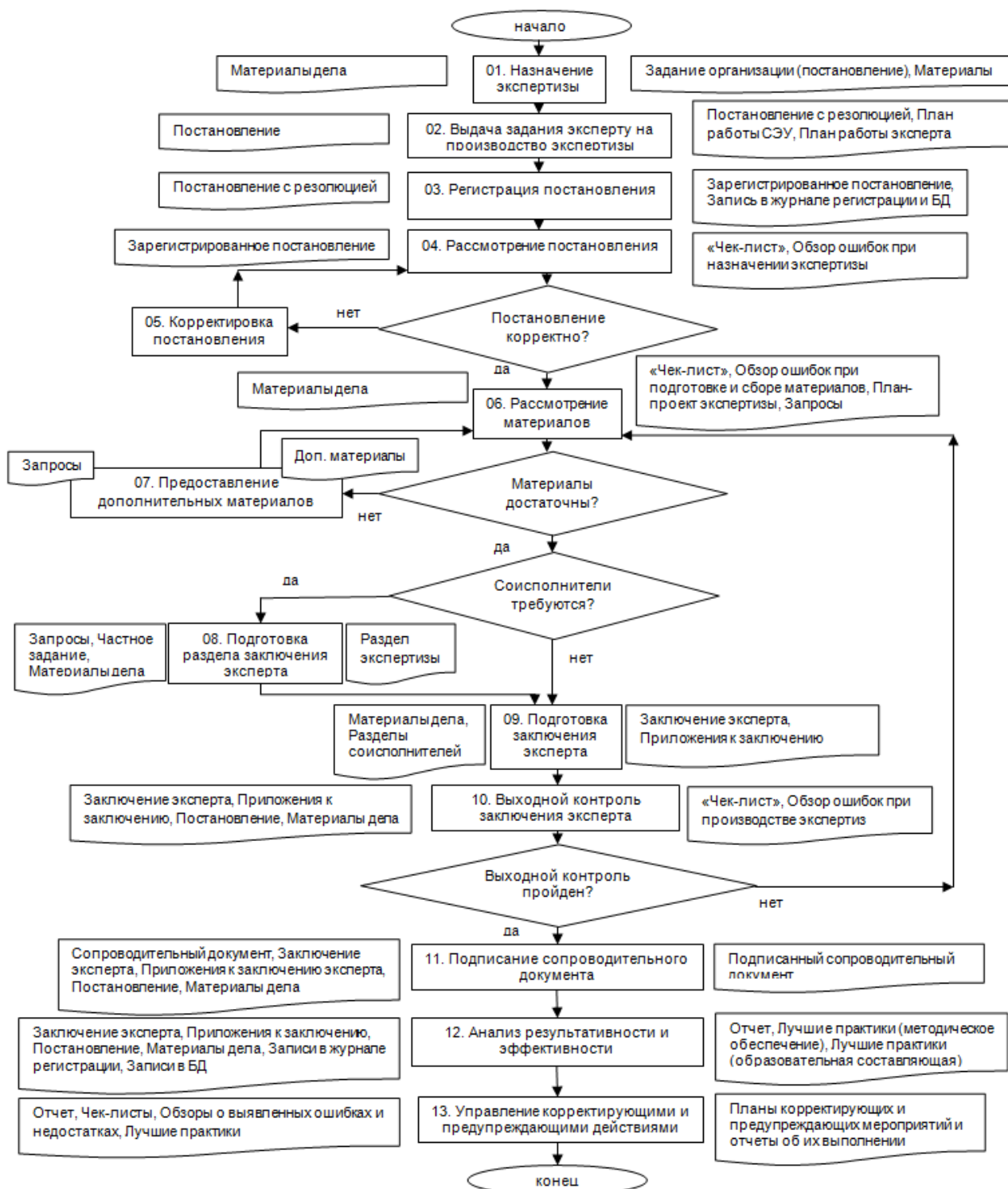


Fig. 3. A simple flowchart of the ITE production process

Conclusion

The improvement of the quality management system is an important prerequisite for maintaining the high competitiveness of the organization. The ability to properly analyze the competitive environment and improve its weaknesses allows an organization to be more competitive than others, thereby increasing its profits and building up reputational capital.

The authors propose the following organizational measures as suggestions for improving the ITE production process and the quality of its results:

- involvement in the activities of input control of incoming assignments (resolutions) for the production of examinations and materials for the research object, as well as output control of completed expert opinions of the most experienced experts (institute of the chief expert);
- annual preparation of analytical materials to justify the adjustment of the main planned production indicators for the production of forensic examinations both in the public sector and in income-generating activities;
- purchase of additional extended service packages for the maintenance of expensive analytical equipment in order to prevent the shutdown of the processes of performing instrumental analytical research of a streaming nature;
- conducting instructional classes aimed at improving the quality of materials and accompanying documents submitted for examination, directly with the executors of the initiator bodies.

Thus, based on the analysis of the identified specifics of the production of engineering and technical expertise, the authors obtained the following main results:

- a QMS process model has been developed for SEUs performing ITE;
- methods of measurement, monitoring and control of the process are proposed;
- functional and simple flowcharts of the ITE production process have been developed;
- risks and opportunities of subprocesses are revealed;
- performance indicators are proposed;
- recommendations are given to improve the ITE production process and the quality of its results.

The main results obtained by the authors were tested at a seminar organized by the Russian Register Certification Association and received positive feedback from the expert community.

References

1. GOST R ISO 9000-2015. The national standard of the Russian Federation. The quality management system. Basic provisions and vocabulary. Access from the help.-legal system "ConsultantPlus".
2. GOST R ISO 9001-2015. The national standard of the Russian Federation. The quality management system. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
3. Prerequisites for the creation of a private theory of quality management of forensic expertise / S.A. Smirnova [et al.] // Judicial expertise in international law enforcement. Moscow: Russian Federal Center for Forensic Expertise under the Ministry of Justice of the Russian Federation. 2019. pp. 175-191.
4. Zamaraeva N.A. Experience in implementing a quality management system in the North-Western RCSE of the Ministry of Justice of the Russian Federation // Theory and practice of forensic examination. 2014. No. 3 (35). pp. 142-145.
5. Judicial engineering and technical expertise: an educational and methodical manual / G.G. Omelianyuk [and others] // Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2021. 47 p.
6. Cheshko I.D. Investigation and expertise of fires. 1997. 520 p.
7. Criminalistics: a textbook for universities / A. I. Bastrykin [et al.] // Moscow: Yurait Publishing House. 2025. 643 p.
8. Dildina Yu.M. Fundamentals of engineering and technical expertise: a textbook // Moscow: ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 1993. 56 p.
9. Serenkov P.S., Kuryan A.G., Volontey V.P. Methods of quality management. The process approach // Minsk: New knowledge; Moscow: INFRA-M. 2020. 441 p.
10. Grodzensky S.Ya. The PDCA cycle and seven quality tools // Methods of quality management. 2013. No. 11. pp. 20-24.
11. Kamyshev A.I. Analysis of the organization's environment and the formation of its QMS according to the requirements of the ISO 9001:2015 standard. Part 1. Environmental analysis // Methods of quality management. 2016. No. 5. pp. 28-35.

12. Zubkov Yu.P., Fudina N.Y., Ivanova O.V. Risk-oriented thinking in the GOST R ISO 9001-2015 standard // Methodological issues of teaching information communication in higher education. 2018. Vol. 7. No. 1. pp. 15-17.

13. Serebryanskaya I.A., Vinogradova E.M., Abramovskaya D.A. Development of a procedure for monitoring the effectiveness of quality management system processes // Engineering Bulletin of the Don. 2019. No. 5(56). p. 37.

Information about the article: the article was received by the editorial office: 25.06.2026; accepted for publication: 04.07.2026

Information about the authors:

Valeriya I. Osipchuk, Researcher at the Scientific Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the Field of Life Safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: osipchuklera@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7505-7684>

Sergey G. Ivakhnyuk, Senior Researcher at the Scientific Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in the Field of Life Safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), Candidate of Technical Sciences, e-mail: sgi78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4651-8211>

Anatoly G. Skukovsky, Senior Lecturer at the Department of Forensic Expertise and Operational Investigative Activities, Faculty of Criminology Training, St. Petersburg Academy of the Investigative Committee (190000, Saint-Petersburg Moika River Embankment, 96), e-mail: vivo76@bk.ru

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING

Analytical article

UDC 608.2; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-66-72

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE DESTRUCTION OF GAS-FILLED FOAM BASED ON SF-2U POWDER ON AMBIENT TEMPERATURE

✉ Meshcheryakov Ilya V.;

Konstantinova Alina S.

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

✉ ilya.mesch@mail.ru

Annotation. The presented article is devoted to an experimental study of the parameters of thermal destruction of fire extinguishing foams in conditions simulating the thermal effects of a developing fire. The main purpose of the work is a comparative assessment of the heat resistance of fire extinguishing foams obtained on the basis of the synthetic hydrocarbon foaming agent PO-3 and the specialized degassing compound SF-2u [1], while varying the physic-chemical nature of the dispersed phase (atmospheric air or an inert mixture based on exhaust gases of an internal combustion engine). The physical modeling of the processes of destruction of the structural framework of the foam was carried out in the temperature range from 200 to 800 °C with the fixation of the time of complete decay and the calculation of kinetic characteristics (syneresis rate). During the analysis of experimental data, it was found that an increase in the thermal load naturally intensifies the destruction of all types of foams, however, the nature of the carrier gas has a nonlinear effect on the stability of surfactant compositions.

Based on the results of the study, the tactical expediency of a differentiated approach to the selection of fire extinguishing agents is substantiated: the use of CO₂ together with general-purpose foaming agents is effective in extinguishing closed volumes with medium heat fluxes, while the elimination of high-temperature foci (over 500–800 °C) requires the use of heat-resistant formulations of the SF-2u class exclusively with classical air aspiration. The practical significance of the work lies in the possibility of optimizing the operating parameters of gas-water extinguishing installations, taking into account the thermodynamic characteristics of the protected objects.

Keywords: sulfonol; SF-2U, foam destruction; gas-filled foam, ambient temperature

For citation: Meshcheryakov I.A., Konstantinova A.S. Investigation of the dependence of the destruction of gas-filled foam based on SF-2U powder on ambient temperature // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 2. P. 66–72. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-66-72

Introduction

Every year, a significant number of fires are registered on the territory of the Russian Federation, accompanied by material damage, negative impact on the environment and loss of life. The analysis of long-term statistics indicates that there is a steady downward trend in the absolute number of fires. To consolidate this positive trend, it is necessary to take further measures aimed at minimizing social, environmental and economic damage from fires.

In this regard, it is of particular importance to find ways to increase the effectiveness of the means already in service.

A relevant area is the modification of existing fire extinguishing compounds, such as SF-2U degassing solution [3–10], which is used to equip units of the Russian Emergencies Ministry. A promising innovation is the use of CO₂ as a dispersed phase for foam production [11, 12], which makes it possible to expand the tactical possibilities of using standard foaming agents without attracting additional resources.

The analytical part

To conduct a physical simulation of the thermal effect, samples of the generated foam were placed in a cylindrical grid 210 mm high and 100 mm in diameter. The grid was placed in the working chamber of a muffle furnace, which provided a uniform radiation–convective thermal effect. The time of critical syneresis and complete destruction of the foam structure was fixed as the main criterion for evaluating fire extinguishing efficiency [2]. During a series of tests, four types of foams were analyzed:

- general purpose foaming agent PO-3 + air dispersed phase;
- general purpose foaming agent PO-3 + dispersed phase of CO₂;
- degassing compound SF-2u + air dispersed phase;
- degassing composition SF-2u + dispersed phase of CO₂.

The results of measuring the degradation time were recorded for various temperature conditions in increments of 100 °C. To compare the parameters of the destruction process, the reduced rate of destruction of the foam layer was calculated.

The analysis of the data obtained confirms a pattern: an exponential increase in ambient temperature initiates the intensification of liquid evaporation processes from films, which inevitably leads to a reduction in the life of the extinguishing foam. The most critical drop in temperature resistance is recorded in the zone of high temperatures characteristic of the stage of volumetric fire development. In particular, the air–mechanical foam based on a PO-3 solution retains its structural integrity for 140 °C when exposed to heat at 200 °C, but when 800 °C is reached, this indicator critically decreases to 20 °C. Graphs of the revealed patterns are shown in Fig. 1–8.

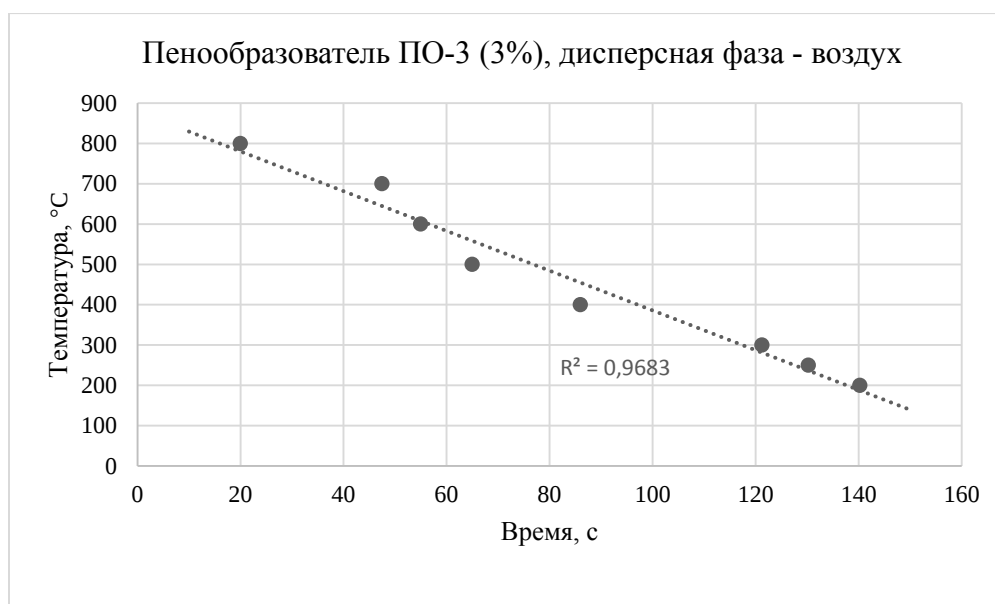


Fig. 1. Dependence of foam stability on ambient temperature (foaming agent PO-3 (3%), dispersed phase – air)

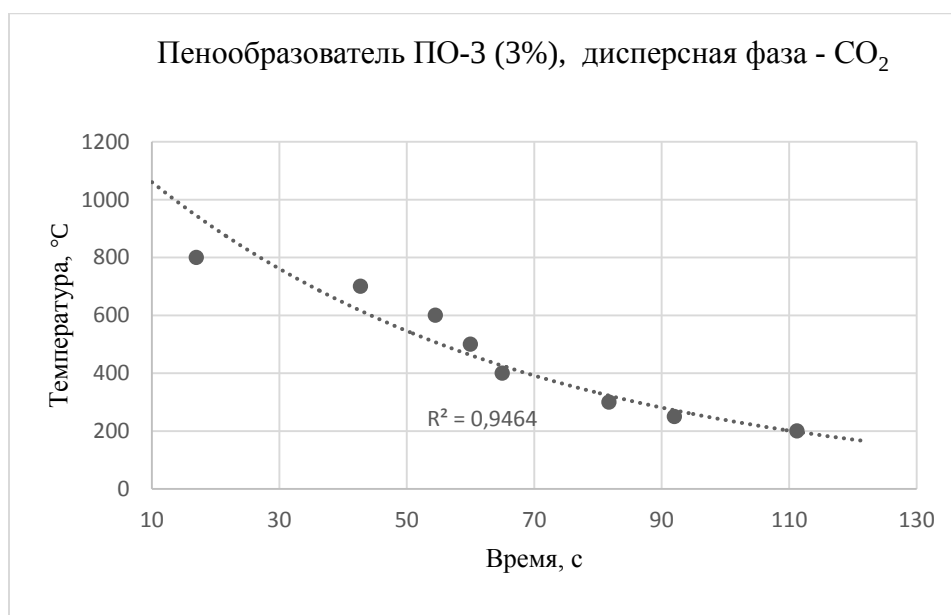


Fig.2. Dependence of foam stability on ambient temperature (foaming agent PO-3 (3%), dispersed phase – CO₂)

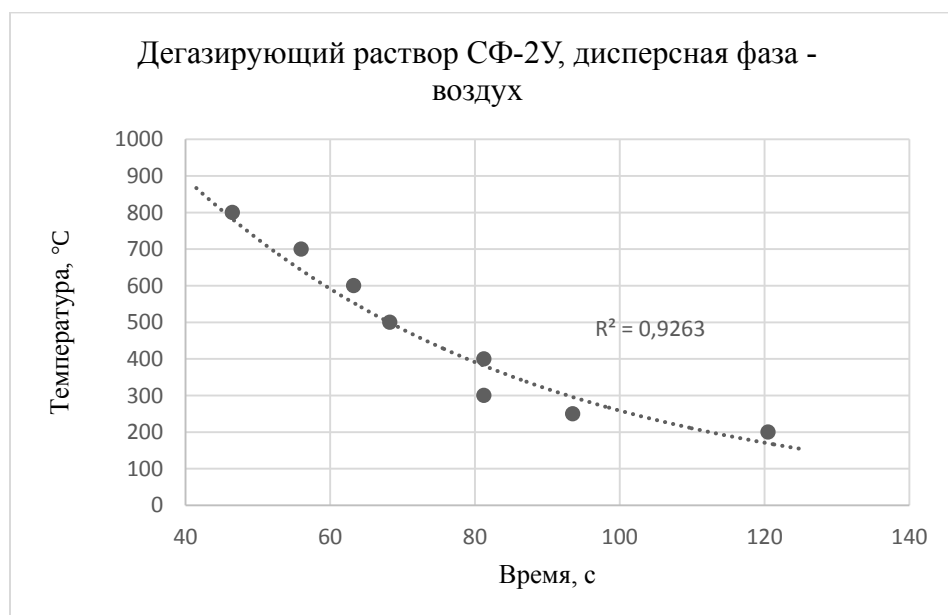


Fig.3. Dependence of foam stability on ambient temperature (SF-2U degassing solution, dispersed phase – air)

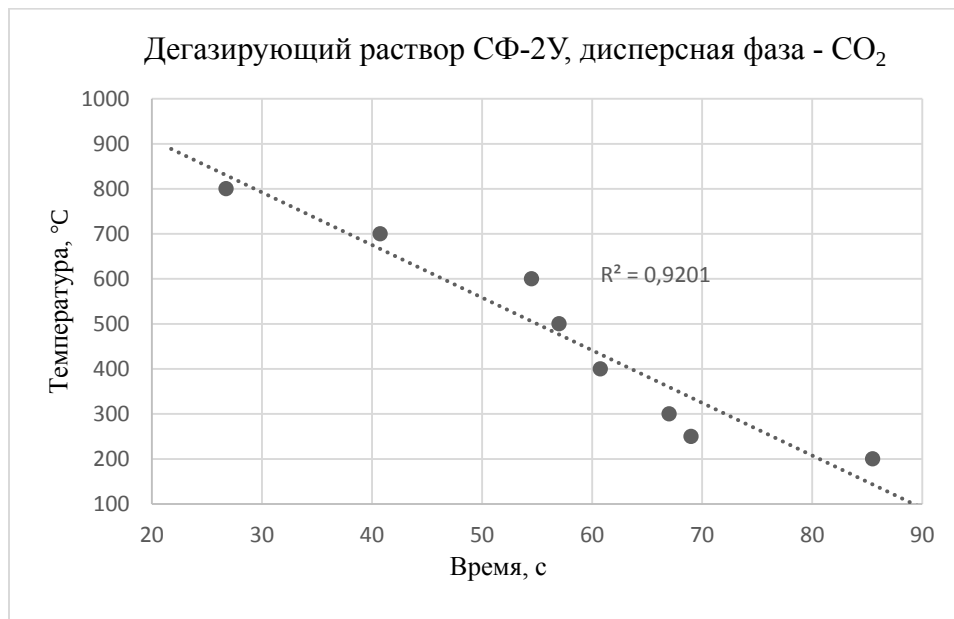


Fig.4. Dependence of foam stability on ambient temperature (degassing solution SF-2U, dispersed phase – CO₂)

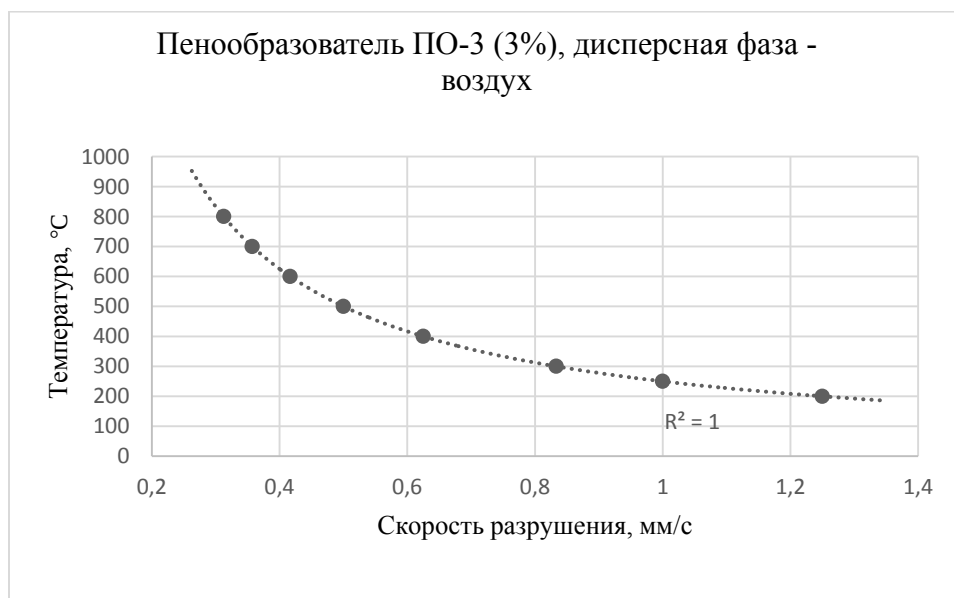
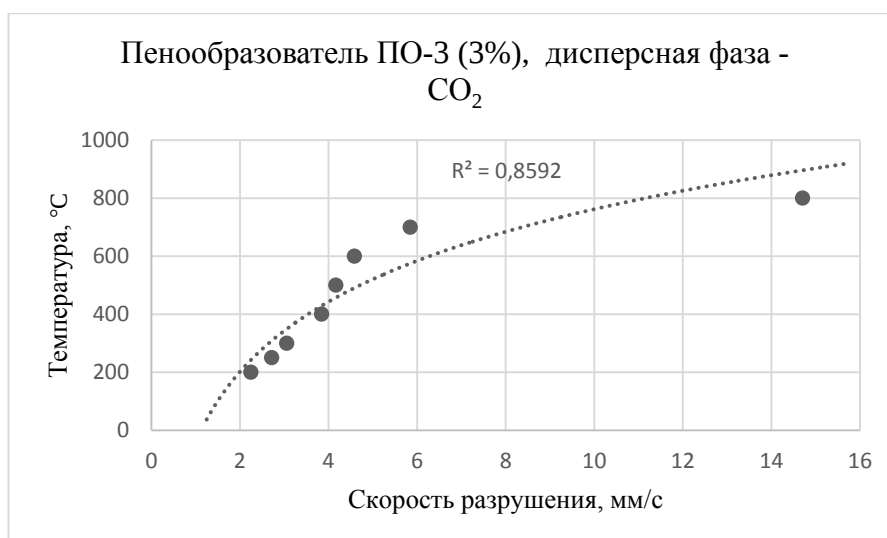
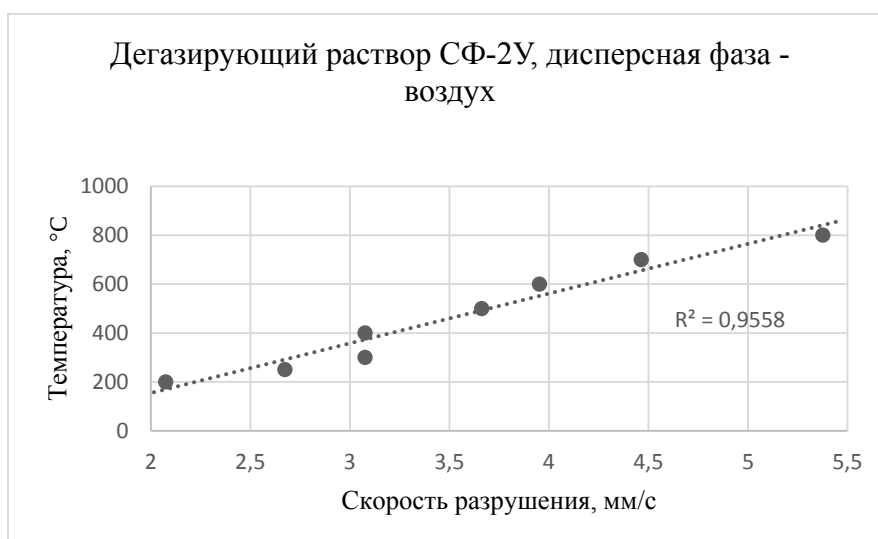


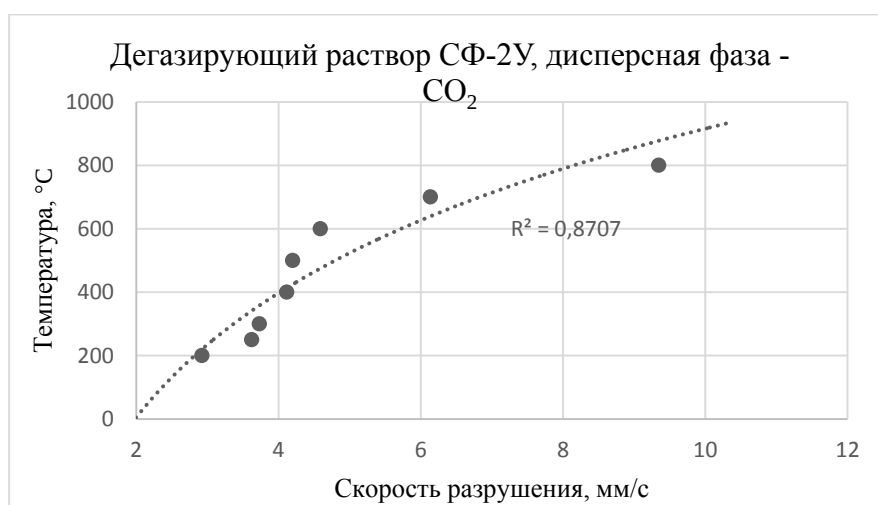
Fig.5. The rate of foam destruction (foaming agent PO-3 (3%), dispersed phase – air)



**Fig.6. The rate of foam destruction
(foaming agent PO-3 (3%), dispersed phase – CO_2)**



**Fig.7. The rate of foam destruction
(SF-2U degassing solution, dispersed phase – air)**



**Fig.8. The rate of foam destruction
(SF-2U degassing solution, dispersed phase – CO_2)**

A comparative analysis of the effect of the chemical nature of the gas phase revealed a significant difference in the response mechanisms of different types of foaming agents to the introduction of inert components (CO₂). For the PO–3 hydrocarbon foaming agent, the substitution of atmospheric oxygen by CO₂ causes a decrease in stability at moderate heating from 200 to 300 °C. When extreme temperatures of 700–800 °C are reached, the structural differences are leveled, since the physical boiling of the water base becomes the dominant factor.

A different picture arises when using the composition of SF–2u. Foam filled with atmospheric air provides greater stability over the entire temperature range. There is a possibility that the introduction of CO₂ into the SF–2u solution leads to chemical incompatibility of the components of the gas mixture with the functional additives of the composition, which causes premature syneresis. This effect is most critical at temperatures of the order of 800 °C, where foam with an air dispersed phase can withstand a thermal load for 40 seconds versus 26 ... 27 seconds for CO₂–based foam.

Tactical planning should take into account the effects studied – despite the high fire extinguishing ability, foam with a dispersed phase other than atmospheric air loses its resistance to high temperatures. Thus, the use of modified foam is justified in the case of rapid extinguishing of the hearth at an early stage of development. When extinguishing fires in a volumetric manner, it should be borne in mind that such foam is subject to faster destruction than the standard one.

Conclusion

The results of the work open up prospects for modernizing fire extinguishing tactics in confined spaces (cable tunnels, ship holds, basements) using temperature and gas extinguishing systems and gas extinguishing vehicles (AGVs).

It has been experimentally proven that the use of CO₂ to produce foam based on standard synthetic hydrocarbon foaming agents (type PO–3) is a tactically feasible solution when extinguishing a fire at an early stage.

When extinguishing high-temperature technological fires (for example, at oil and gas facilities or in areas of chemical contamination), accompanied by temperatures above 500–800 °C, the most rational is the use of a specialized composition SF–2u using atmospheric air.

Thus, the choice of the type of foaming agent and the dispersed phase should correlate with the predicted thermal load and the fire hazard class of the protected object.

References

1. Puchkov V.A. Civil defense. The Ministry of Emergency Situations of Russia. Moscow: 2014. 499 p.
2. GOST R 8.736-2011 State system for ensuring the uniformity of measurements. The measurements are direct and multiple. Methods of processing measurement results. The main provisions. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
3. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B., Savelyev D.V. Theoretical assessment of the fire extinguishing potential of typical degassing solutions (message No. 1) // Fire safety: modern challenges. Problems and solutions: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. Saint Petersburg: St. Petersburg State University of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2023. pp. 287-290.
4. Meshcheryakov I.V., Bulatov N.N. Theoretical assessment of the fire extinguishing potential of standard disinfectant solutions (communication No. 2) // International Scientific seminar-conference "Fire safety in modern conditions". 2023. pp. 81-83.
5. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B. Theoretical assessment of the fire extinguishing potential of typical decontaminating solutions (communication No. 3) // XVIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists "Ensuring the safety of life: problems and prospects", 2023. pp. 122-123.

6. Meshcheryakov I.V., Konstantinova A.S., Emelina V.A. Experimental study of the effects of solutions of degassing and decontamination agents used by units of the Ministry of Emergency Situations of Russia on materials of fire hoses // Malik Gabdullin Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. 2024. pp. 29-31.
7. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B. Assessment of fire-technical characteristics of standard civil defense equipment of the Ministry of Emergency Situations of Russia // Problems of risk management in the technosphere. 2025. No. 1. pp. 202-213.
8. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B. Practical assessment of the fire extinguishing potential of typical decontaminating, degassing and deactivating solutions using the example of an experimental fire source of class B // Actual issues of improving engineering systems for fire safety facilities: collection of materials XI All-Russian scientific and practical conference, Ivanovo, 2024. Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. 2024. pp. 232-234.
9. Meshcheryakov I.V., Alekseik E.B. Practical assessment of the fire extinguishing potential of typical disinfecting, degassing and deactivating solutions using the example of an experimental class A fire source // Natural sciences and fire safety: problems and prospects of research: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with International conferences. Moscow, Ivanovo, 2024. Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. 2024. pp. 196-198.
10. Meshcheryakov I.V., Konstantinova A.S. Comparative assessment of the fire extinguishing ability of degassing and decontamination agents // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. No. 1(36). pp. 166-174. DOI:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.88.70.016.
11. Meshcheryakov I.V. Improving the fire extinguishing efficiency of the standard means of civil defense units of the Ministry of Emergency Situations of Russia when extinguishing class B fires with modified (gas-filled) foam // Modern problems of civil protection. 2025. No. 1(54). pp. 64-70.
12. Compression foam generation system containing exhaust gases: Patent 2835235 Russian Federation / B.V. Gavkalyuk [et al.]; applicant and patent holder Saint Petersburg University of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia - No. 2835256; application dated 05/13/2024; published on 02/24/2025.

Information about the article: the article was received by the editorial office: 25.05.2026; accepted for publication: 01.06.2026

Information about the authors:

Ilya V. Meshcheryakov, Lecturer of the Department of Supervision of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (149 Moskovsky Ave., 196105, Saint Petersburg), e-mail: ilya.mesch@mail.ru, SPIN code: 5156–1928

Alina S. Konstantinova, Lecturer at the Department of Physico-Technical Fundamentals of Fire Safety at the department of supervisory activities of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, St. Petersburg, Moskovsky ave., 149), Candidate of Technical Sciences, e-mail: as_konstantinova@mail.ru, SPIN code: 5156–1928

PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING

Analytical article

UDC 614.842/.849; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-73-77

ACTIVITY OF PARAMILITARY MINE RESCUE UNITS IN THE FIRE PREVENTION AND EXTINGUISHING SYSTEM

✉Khomitsky Semyon A.;

Kuzmina Tatiana A.

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

✉semen.khomitsky@yandex.ru

Abstract. The article examines the role of paramilitary mountain rescue units (MGSPS) as specialized emergency rescue units in the fire safety system at hazardous production facilities. The main activities of the HCV are analyzed: localization and extinguishing of underground fires, carrying out preventive work (depression surveys, ventilation monitoring, laboratory tests of mine air), as well as responding to emergency situations. Using the example of the accident at KMAruda Combine JSC (2024), systemic problems related to the inconsistency of accident response plans with mountain rescuers are shown, which led to numerous violations and administrative liability of officials. Additionally, the incidents at the Kalinovskaya Vostochnaya mine (2015, 2020) are considered, illustrating the high risks of methane ignition and the complexity of the operation of the HCV in conditions dangerous for gas and emissions.

Keywords: paramilitary mountain rescue units, HCV, hazardous production facilities, OPO

For citation: Khomitsky S.A., Kuzmina T.A., Activity of paramilitary mine rescue units in the fire prevention and extinguishing system // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 1. P. 73–77. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-73-77

Introduction

Paramilitary Mine Rescue Units (hereinafter – PMRU) are specialized professional emergency rescue formations that are part of the Ministry of Emergency Situations of Russia (EMERCOM of Russia). Their key task is to ensure safety at hazardous production facilities (hereinafter – HPF).

The main areas of activity in the field of fire safety are:

- Localization and extinguishing of fires: PMRU directly perform work on localization and extinguishing of underground fires, as well as fires at surface facilities of organizations [1];
- Carrying out preventive work;
- Response to emergency situations: work in extreme conditions;
- Training of members of the auxiliary mine rescue team within the organization, whose members are employees [2].

At the same time, according to Article 12 of the Federal Law "On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities," the technical investigation of the causes of an accident is conducted by a commission headed by a representative of Rostekhnadzor [3]. It is this commission that is vested with the right to engage expert organizations, including PMRU specialists, to establish the causes and circumstances of the accident.

Problems in fire prevention and extinguishing

Let's give an example of a violation of the interaction of the OPO with the HCV (JSC "KMAruda Combine", 2024).

In June 2024, an accident occurred at the OPO "Mine with an underground mining method" of JSC "KMAruda Combine" – a breakthrough of the laying mixture through the roof of the mine. An investigation conducted by the Verkhne-Donskoy Department of Rostekhnadzor [4] revealed systemic violations directly related to non-compliance with the HCV regulations.

Key violations identified by the investigation:

- the action plan for the localization and elimination of the consequences of accidents (hereinafter referred to as the PLA) has not been coordinated with the HCV after the changes are made – this is a direct violation of industrial safety requirements, since the PLA must be developed jointly with the HCV [5];

- design decisions were not followed when installing insulating jumpers.

As a result of the audit, 106 violations were revealed, three officials were brought to administrative responsibility under Part 1 of Article 9.1 of the Administrative Code of the Russian Federation, four – under Part 3 of Article 9.1 of the Administrative Code of the Russian Federation. The activity of two mining operations has been suspended for 90 days.

This case demonstrates that the lack of proper interaction with the HCV when planning emergency measures is one of the key problems of the security system. A PLA that is not coordinated with mountain rescuers loses its practical value in a real accident.

Let's give an example of difficult fire extinguishing conditions – Kalinovskaya Vostochnaya mine, Makeyevka.

The Kalinovskaya Vostochnaya mine (part of the Makeyevugol State Enterprise) is classified as a hazardous facility for sudden emissions of coal and gas and soufflage emissions of methane. This creates additional risks in the event of fires and places increased demands on mountain rescue units.

Incidents at the mine [6, 7]:

July 2015:

The fire broke out at a depth of 680 meters during drilling and blasting operations in a dead-end vent of the L1 reservoir. There were 103 miners underground. Four mountain rescue units were involved in extinguishing the fire. The fire was extinguished in about two hours, there were no casualties.

August 2020: The fire occurred in the conveyor belt of the 6th eastern lava formation. The cause was the ignition of a methane-air mixture in the cracks of the mountain range during the detonation of a safety explosive charge in contour hole № 20. The incident occurred due to a violation of the instructions for creating a protective environment in the mine face.

These cases show the specifics of HCV operations at facilities that are dangerous for gas and emissions. The risk of methane ignition requires mountain rescuers to use specialized extinguishing agents and methods, as well as special attention to preventive measures.

The issue of forensic examination in the HCV security system

In the case of the accident at JSC KMAruda Combine, the investigation materials were transferred to the supervisory authorities, and the perpetrators were brought to administrative responsibility [4].

This creates certain prerequisites for a possible forensic assessment of the actions of officials.

The Kalinovskaya Vostochnaya mine is characterized by conducting fire and technical examinations to determine the causes of ignition of the methane-air mixture and assess compliance with drilling and blasting technology.

Conclusion

It is important to note the different legal status of accident and incident investigations. Unlike the accident, the technical investigation of incidents, including cases of ignition of a methane-air mixture at the Kalinovskaya Vostochnaya mine, is conducted by a commission created by an internal administrative act of the operating organization, in accordance with the procedure established by local regulations [8]. The results of such an investigation are formalized by an internal act and do not entail administrative or criminal consequences for officials, unless the incident escalates into an accident [9, 10]. This creates the risk of incomplete accounting of systemic violations in the absence of external control.

The topic of forensic examination in relation to the activities of the HCV has a dual character. On the one hand, the main regulatory legal acts regulating forensic expertise belong to other departments. On the other hand, forensic examination is a tool for evaluating the performance of security systems. [8, 11]

The analysis of the incidents considered allows us to identify one of the promising areas for improving cooperation with HCV – the mandatory coordination of PLA with mining rescue units at all stages of their development and adjustment.



Fig. 1. Paramilitary mountain rescue units in the aftermath of accidents [12]



Fig. 2. Paramilitary mountain rescue units in the aftermath of accidents [13]



Fig. 3. Paramilitary mountain rescue units in the aftermath of accidents [14]

References

1. On approval of the Regulations on the Organization of Activities of Paramilitary Mining Rescue Units aimed at Preventing Accidents at Hazardous Production Facilities: Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated March 29, 2019 No. 181. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
2. On approval of the Charter of the paramilitary mining rescue unit for the organization and conduct of mining rescue operations: Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated June 9, 2017 No. 251. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
3. On industrial safety of hazardous production facilities: Federal Law No. 116-FZ of July 21, 1997. Access from the help.-legal system "ConsultantPlus".
4. Verkhne-Donskoy administration of Rostekhnadzor. Materials of the investigation of the Verkhne-Donskoy Department of Rostekhnadzor on the accident at JSC KMaruda Plant (2024). URL: <http://www.vdon.gosnadzor.ru/> (date of access: 04/02/2026).
5. On approval of the Regulation on the Development of Action Plans for the localization and Elimination of the Consequences of accidents at Hazardous Production facilities: Decree of the Government of the Russian Federation dated September 15, 2020 No. 1437. Access from the help.-legal system "ConsultantPlus".
6. The fire at the Kalinovskaya-Vostochnaya mine in Makeyevka occurred during drilling and blasting operations – Ministry of Emergency Situations. URL: <https://dan-news.ru/obshchestvo/pozhar-na-shaxte-kalinovskaya-vostochnaya-v-makeevke-proizoshel-v-xode-burovzryvnyx-rabot-mchs/> (date of access: 04/02/2026).
7. The head of the Ministry of Emergency Situations reported the details of the elimination of the fire at the mine. Kalinina and Kalinovskaya-Vostochnaya. URL: https://vk.com/wall-16455_18063 (date of application: 04/02/2026).
8. On approval of the Procedure for conducting a Technical Investigation of the Causes of Accidents, Incidents and Loss of Explosive Materials for Industrial Purposes: Rostekhnadzor Order No. 503 dated December 08, 2020. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
9. Approval of the Regulations on the specifics of the investigation of industrial accidents in certain industries and organizations, forms of documents, relevant classifiers necessary for the investigation of industrial accidents: Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation dated April 20, 2022 No. 223n. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
10. The Labor Code of the Russian Federation: dated 30 Dec. 2001 No. 197-FZ (regarding the investigation of accidents related to the accident). Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".

11. FSUE "Paramilitary Mountain Rescue Unit". Orders and orders of the Russian Ministry of Emergency Situations. Regulatory documentation. URL: [https://vgsch.organizations.mchs.gov.ru / deyatelnost/ob-uchebnyh-centrah/dokumenty/dokumenty](https://vgsch.organizations.mchs.gov.ru/deyatelnost/ob-uchebnyh-centrah/dokumenty/dokumenty) (date of request: 04/02/2026).

12. The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Volgograd region. The rescuers of the Russian Ministry of Emergency Situations are on guard for the safety of miners. URL: [https://34.mchs.gov.ru / deyatelnost/press-centr/novosti/5090991](https://34.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5090991) (accessed: 04/02/2026).

13. VDPO. Mining Rescue Service Worker's Day. URL: [https://вдпо .rf/news/den-rabotnika-gornospasatelnoy-sluzhby](https://вдпо.rf/news/den-rabotnika-gornospasatelnoy-sluzhby) (accessed: 04/02/2026). 14. Wikipedia. Work to eliminate the consequences of the accident at the Listvyazhnaya mine. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Work_liquidation_the consequences of the accident_the Listvyazhnaya mine.jpg](https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Work_liquidation_the_consequences_of_the_accident_the_Listvyazhnaya_mine.jpg) (accessed: 04/02/2026).

Information about the article: the article was received by the editorial office: 15.07.2026; accepted for publication: 20.07.2026

Information about the authors:

Semyon A. Khomitsky, a 4th-year student at the Faculty of Economics and Law of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg Moskovsky Ave., 149), e-mail: semen.homitsky@yandex.ru

Tatiana A. Kuzmina, Associate Professor of the Department of Supervisory Activities of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg Moskovsky Ave., 149), Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, e-mail: kuzmina@igps.ru , SPIN: 2511-0787

SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS

Analytical article

UDC 614.841.343:620.3; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-78-82

IMPROVING THE SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE OIL AND GAS COMPLEX UNDER CRYOGENIC CONDITIONS

✉ Demidov Nikolay D.;

Sorokin Igor A.;

Yemelyanova Anna N.

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

✉ demidov.nd@mail.ru

Abstract. The results of a study on the thermal stability and fire-retardant efficiency of epoxy intumescent fire-retardant compositions modified with carbon nanostructures (astralenes) at a concentration of 0.2 vol.% before and after cryogenic exposure are presented. Thermogravimetric analysis revealed a 90% increase in coke residue yield at 800 °C for the modified composition compared to the unmodified one. Fire tests under hydrocarbon flame conditions showed an 11.1% increase in the time to heat the steel plate to 500 °C for the modified composition and 28.6% after cryogenic exposure. The obtained data indicate the promise of using nanomodified coatings to improve the safety of technological processes at oil and gas facilities at risk of accidental cryogenic liquid spills followed by fire.

Keywords: intumescent fire-retardant compositions, epoxy resins, carbon nanostructures, astralenes, cryogenic exposure, thermogravimetric analysis, coke residue yield, fire-retardant efficiency, oil and gas complex

For citation: Demidov N.D., Sorokin I.A., Yemelyanova A.N. Improving the safety of technological processes in the oil and gas complex under cryogenic conditions // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 2. P. 78–82. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-78-82

Introduction

The development of the oil and gas complex of the Russian Federation, including the implementation of major projects for the extraction, liquefaction and transportation of hydrocarbons in the Arctic zone (for example, Yamal LNG, Arctic LNG-2), involves the operation of cryogenic infrastructure facilities. The load-bearing steel structures of such facilities (tanks, pipelines, support platforms) are subjected to double extreme effects: cryogenic temperatures (up to -162 °C during storage of liquefied natural gas and possible emergency spills) and high-temperature heating in case of fire (over +1100 °C in the hydrocarbon regime) [1, 2]. Traditional bulging flame retardants based on epoxy resins are effective under standard conditions, however, under the influence of cryogenic "shock" they exhibit a decrease in thermal stability: the formation of microcracks, a decrease in the yield of coke residue and accelerated destruction of the foam coke layer during subsequent fire [3, 4]. This leads to premature heating of the metal to critical temperatures (+500 °C), loss of bearing capacity of structures and an increased risk of man-made disasters.

A promising direction for solving the problem is the nanostructural modification of the polymer matrix with carbon nanostructures – astralenes [5], which have a high specific surface area, thermal conductivity, and the ability to form a reinforced composite structure [6].

The introduction of astralenes makes it possible to increase the thermal stability and barrier properties of the expanded layer. The aim of the work is an experimental assessment of the effect of astralen modification on the thermal stability and fire-retardant effectiveness of epoxy OVS before and after cryogenic exposure in the context of improving the safety of technological processes in the oil and gas complex.

Materials and research methods

The research was carried out on the basis of the THERMOBARRIER-2 serial epoxy swelling flame retardant. Astralenes were introduced into the hardener at a concentration of 0.2% vol. using ultrasonic dispersion. The samples were deposited on St3 steel plates. Some of the samples were cryogenically exposed to complete immersion in liquid nitrogen for 10 minutes.

Thermal stability was assessed by thermogravimetric analysis (TGA) in an air environment in the range of 50-800 °C. The flame-retardant efficiency was determined by the heating time of the reverse side of the plate to 500 °C under the conditions of modeling flare hydrocarbon gorenje according to GOST R 53295-2009 [7].

The results of research

The results of thermogravimetric analysis of key samples are shown in Table 1 and in Fig. 1-3.

Table 1

Parameters of thermal decomposition of the studied samples

Sample	The temperature of the beginning of the 1st effect, °C	Temperature of the beginning of the 2nd effect, °C	Temperature of the beginning of the 3rd effect, °C	Residual mass at 800 °C, %
TB 2 (unmodified)	157	292	581	31
TB 2 + 0.2 % astralenes	126	248	587	59
TB 2 + 0.2 % of astralenes after cryogen	159	292	582	26

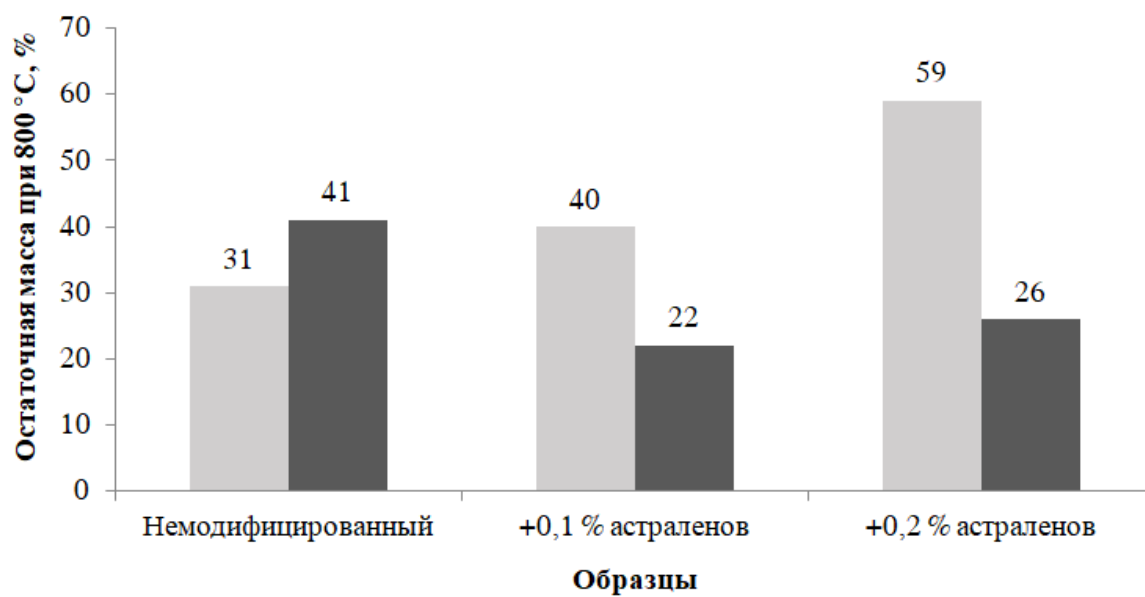


Fig 1. Histogram of the residual mass of coke residue at 800 °C

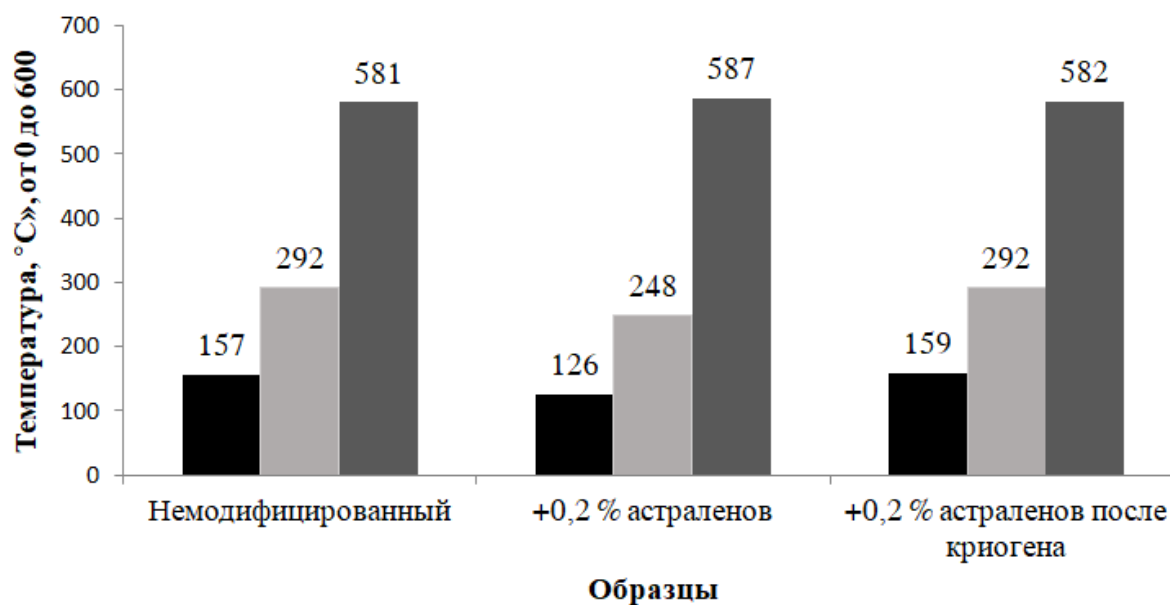


Fig. 2. Temperature histogram of the beginning of the main thermal effects

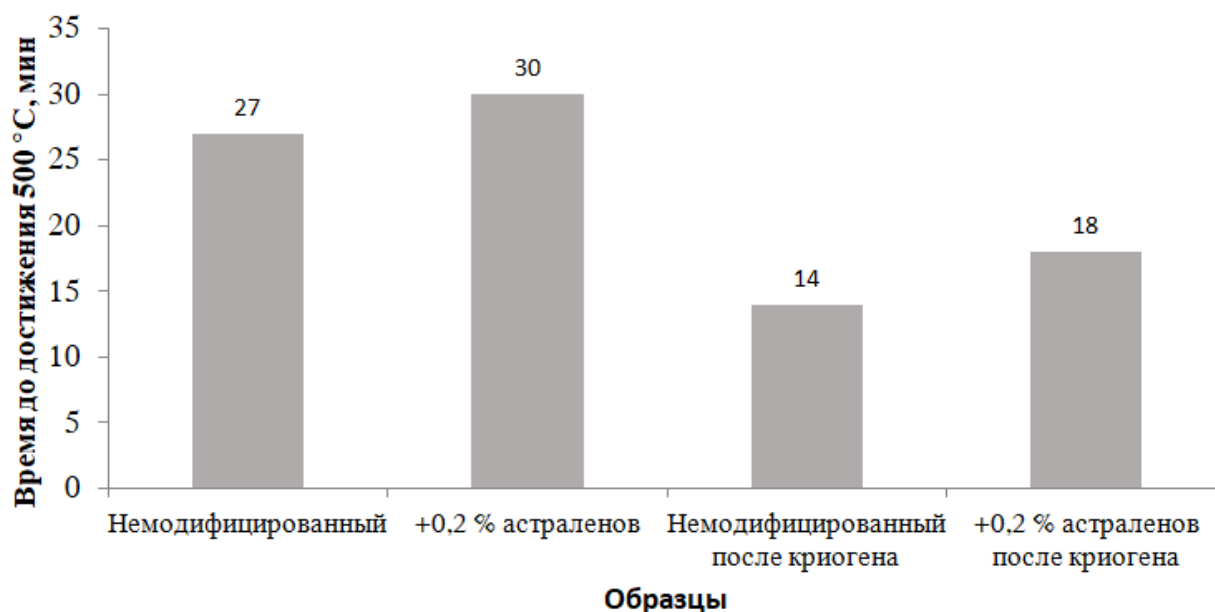


Fig. 3. Histogram of flame-retardant efficiency (time to reach 500 °C on the back of the steel plate under flare burning)

Discussion of the results

Discussion of the results analysis of thermogravimetric data indicates the complex effect of astralenes on the process of thermal decomposition of the epoxy matrix. The highest yield of coke residue (59 %) was recorded for the composition with

0.2 % by volume of astralenes, which is 90% higher than the value of the unmodified analog (31 %). This is due to the catalytic action of nanoparticles, which intensifies the processes of carbonation and the formation of a thermostable foam-coke layer [8].

During the experiment, a shift in the temperatures of the onset of thermal effects was noted in the modified samples, which is directly related to the high thermal conductivity of astralenes and acceleration of initial dehydration [9]. After cryogenic exposure, the coke residue yield decreases in all formulations, but in modified formulations this decrease is much less pronounced – nanoarming increases the crack resistance of the matrix and preserves the foam coke structure.

Fire tests fully confirm the TGA data: the fire protection time increases by 11.1 % under normal conditions and by 28.6 % after cryogenic shock. The improved barrier properties of the expanded layer noticeably slow down the heating of the steel structure, which is critically important in emergency scenarios at oil and gas facilities [10].

Conclusion

Modification of the epoxy swelling flame retardant with astralenes at a concentration of 0.2%vol. significantly increases thermal stability and flame retardant effectiveness. An experimentally confirmed increase in the yield of coke residue by 90% at 800 ° C, as well as an increase in the heating time of the steel plate to 500 ° C by 11.1% under standard conditions and by 28.6% after cryogenic exposure.

The results show that nanomodified coatings are particularly effective in conditions of double extreme exposure (cryogen + fire), typical for Arctic facilities and LNG projects. The use of such compositions will reduce the risk of premature destruction of load-bearing structures and increase the overall safety of technological processes in the oil and gas complex. The data obtained substantiate the need for further pilot tests for widespread implementation of the technology.

References

1. Approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. With a forecast up to 2036: Decree of the Government of the Russian Federation Of the Russian Federation dated December 28, 2024, No. 4146-R. Access from the help.-legal system "ConsultantPlus".
2. Kopylov P.S., Golovina E.V., Kalach A.V. Assessment of the behavior of flame-retardant coatings in the temperature range from -162 to +1300 °C // Engineering and Physics Journal. 2020. Vol. 98. No. 1. pp. 54-61.
3. Gravit M.V., Nedviga E.S., Friedrich O.A. The effect of cryogenic media and jet gorenje on epoxy intumescent compositions // Occupational safety in industry. 2024. No. 6. pp. 44-52.
4. Zybyina O.A., Gravit M.V. Bulging coatings for fire protection of building structures and materials. // Springer International Publishing. 2020. Vol. 11. pp. 210.
5. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles / A.I. Shames [et al.] // Diamond and Related Materials. 2009. Vol. 8. No. 2-3. P. 505-510.
6. Carbon nanoparticles, structural modifiers and hardeners of polymers and polymer composites / G.M. Gunyaev [et al.] // Aviation Materials and Technologies. 2004. No. 2. pp. 36-54.
7. GOST R 53295-2009. Flame retardants for steel structures. General requirements. A method for determining fire-retardant effectiveness. Access from the help.-the legal system "ConsultantPlus".
8. Sorokin I.A., Demidov N.D. Ensuring the operational characteristics of flame-retardant bulging compounds for metal structures at liquid hydrogen transportation facilities // Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2025. No. 4 (56). pp. 70-75.
9. Laurent N.M., Zirkina O.G., Pustovalov I.A. Investigation of the operational characteristics of a bulging flame retardant coating modified with carbon nanostructures // Modern problems of civil protection. 2020. No. 4 (37). pp. 104-110.
10. Gravit M.V., Klemeneyev B.A., Shabunina D.E. Fire resistance of steel structures with epoxy fire protection under cryogenic exposure // Portal about fire safety. 2022. URL: <https://propb.ru/articles/blog-gravit-m-v/ognestoykost-stalnykh-konstruktsiy-c-epoksidnoy-ognezashchitoy-pri-kriogennom-vozdeystviy> (date of access: 03/17/2026).

Information about the article: the article was received by the editorial office: 21.04.2026; accepted for publication: 28.04.2026

Information about the author:

Nikolai D. Demidov, Adjunct of the Faculty of Training Highly Qualified Personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: demidov.nd@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4091-2722>, SPIN: 2014-5353, AuthorID: 1327717

Igor A. Sorokin, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Productions, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: igor_40in@mail.ru, SPIN: 8002-4750, AuthorID: 860800

Anna N. Yemelyanova, Senior lecturer of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Productions, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: anna.nik.00@yandex.ru, SPIN: 4286-6170, AuthorID: 791924.

DIALOGUES WITH SPECIALISTS

Analytical article

UDC 681.3; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-83-89

INFORMATION TECHNOLOGY IN COMBINATORICS AND MODELLING OF RANDOM QUANTITIES

✉ Labinsky Alexandr Yu.

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

✉ Labinsciy@yandex.ru

Annotation. The article considers possibilities of information technologies in combinatorics, as well as in computer modeling of random quantities. Decisions are made to deal with the consequences of any natural disaster, depending on many random factors.

The article considers peculiarities of solving probabilistic problems inherent in the process of liquidation of a natural disaster, which consist in that the solution is greatly facilitated when using combinatorial formulas. Each combinatorial formula determines the number of possible outcomes in some process (experience) consisting in the random selection (at random) of M elements (variants, methods) from N of the various elements of the given set.

The basic principle and basic formulas of combinatorics, which are formulas of dispositions, permutations and combinations, are considered.

The features of computer modeling of combinatorial formulas in the form of a program for computers are considered in detail.

The article also considers features of computer simulation of random quantities, including algorithmic method of obtaining random numbers. The algorithm of obtaining uniformly distributed pseudorandom numbers, which is implemented as a program for computers, is resulted.

Keywords: information technologies, computer modeling, probabilistic problems, combinatorics, placement, permutations, combinations, random quantities, pseudorandom numbers, computer program

For citation: Labinsky A.Yu. Information technology in combinatorics and modelling of random quantities // Supervisory activities and forensic examination in the security system. 2026. № 2. P. 83–89. DOI: 10.61260/2304-0130-2026-2-83-89

Introduction

The natural uncertainty inherent in any natural disaster is characterized by the uncertainty of the parameters defining the disaster. In order to eliminate the consequences of any natural disaster, decisions are made that depend on many random factors.

Combinatorics is a branch of mathematics that studies the problem of selecting different elements from a given set. When solving such tasks, it is necessary to calculate the number of possible options for the implementation of some action, for example, to eliminate the consequences of a natural disaster (earthquake, flood, pandemic, hurricane, etc.) in order to determine its effectiveness.

Solving probabilistic (random) problems inherent in the disaster management process is greatly facilitated by using combinatorial formulas. Each combinatorial formula determines the number of possible outcomes in a process (experiment) consisting of randomly selecting (at random) M elements (options, methods) from N different elements of the set under consideration.

Let's formulate the problem statement for this article. It is necessary to consider the possibilities of computer modeling of combinatorial formulas used in the process of solving problems related to the elimination of consequences of natural disasters.

The topic of the article is relevant, since automating the processes of solving the consequences of natural disasters is an urgent task.

Elements of combinatorics

Combinatorics is a branch of mathematics that studies methods for counting the number of different combinations and almost always answers the question: "In how many ways can a certain action be performed?" The term "combinatorics" was first used by the German mathematician Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) in 1666. G.W. Leibniz established combinatorics as a science, created mathematical analysis (differential and integral calculus), and laid the foundations of mathematical logic (he described the binary number system with the base of this system – the digits 0 and 1) [1–4].

The fundamental principle of combinatorics: If an action is divided into two operations that can be performed in m and n ways respectively, then the total number of actions = $m \times n$.

The main formulas of combinatorics are the formulas for arrangements (Swiss mathematician Jakob Bernoulli, 1665–1705), permutations, and combinations (French mathematician, mechanic, and physicist Blaise Pascal, 1623–1662).

The number of arrangements corresponds to the number of all possible ways to place N objects in M positions. The number of arrangements is: $A_n^m = m! / (m - n)!$.

The number of permutations of N objects is any sequence of N distinct objects taking into account the order of these objects. The number of possible permutations is:

$$P_n = n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n.$$

The number of combinations of N elements taken M at a time is any subset of M elements from a set containing N elements. The number of all distinct combinations is:

$$C_n^m = A_n^m / P_m = n! / [m! \cdot (n - m)!].$$

By constructing a table of combinations (a table of binomial coefficients – Pascal's triangle), one can discover a pattern (table 1).

Table 1

Pascal's Triangle

n	M								$\Sigma (2^n)$
	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	1							2
2	1	2	1						4
3	1	3	3	1					8
4	1	4	6	4	1				16
5	1	5	10	10	5	1			32
6	1	6	15	20	15	6	1		64
7	1	7	21	35	35	21	7	1	128
8	1	8	28	56	70	56	28	8	256

The last column of Table 1 contains the elements of the binary series:

$$a_n = 2^n.$$

In India (2nd century BC), the following formula was known:

$$C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^m = 2^n$$

with $m < n$.

Newton's binomial formula:

$$(1+x)^n = C_n^0 + x \cdot C_n^1 + x^2 \cdot C_n^2 + \dots + x^m \cdot C_n^m + \dots + x^n \cdot C_n^n.$$

If $x = 1$, then

$$2^n = C_n^0 + C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^m + \dots + C_n^n$$

Properties of binomial coefficients: $C_n^0 = C_n^1 = 1$; $C_n^k = C_n^{n-k}$; $C_{n+1}^k = C_n^k + C_n^{k-1}$

If each column in the table of binomial coefficients is shifted downward by 2 positions, the last column will contain the elements of the Fibonacci sequence (table 2).

Table 2

Table of binomial elements with a position shift

<i>n</i>	<i>M</i>								$\Sigma \Phi_n$
	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	1								1
2	1								1
3	1	1							2
4	1	2							3
5	1	3	1						5
6	1	4	3						8
7	1	5	6	1					13
8	1	6	10	4					21
9	1	7	15	10	1				34
10	1	8	21	20	5				55

Computer simulation of combinatorial formulas

Computer modeling is the subject of works [5–10]. The computer program CombineCalc performs modeling of the basic operations of combinatorics: arrangements, permutations, and combinations, including those with repetitions.

The number of arrangements is denoted as $A_n^m = n! / (n - m)!$. Arrangements with repetitions of n elements taken m at a time: $A_n^m = n^m$.

Any sequence of n distinct objects, taking into account their order, is called a permutation of these objects. The number of all possible permutations is $P_n = n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$. The number of permutations with repetitions is determined by the formula: $P_n = n! / (n_1! \cdot n_2! \cdot n_3! \dots)$, where $n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$.

Any subset of m elements from a set containing n elements is called a combination of n elements taken m at a time. The number of all distinct combinations is: $C_n^m = A_n^m / P_m = n! / [m! \cdot (n - m)!]$. Combinations with repetitions are determined by the formula: $C_n^m = (n + m - 1)! / [m! \cdot (n - 1)!]$.

At the beginning of the calculation, the values of n and m are specified. Then, using checkboxes, the type of operation is selected (arrangements, permutations, combinations, arrangements with repetitions, permutations with repetitions, and combinations with repetitions), and the "Calculate" button is pressed. The window of the CombineCalc program (Figure 1):

Combination Calculator (Размещения, Перестановки, Сочетания)

$n \leq 12$

☒ Размещения: $A(n,m)=n!/(n-m)!$ = 504 $n = 9$ $N! = 39916800$

☒ Перестановки: $P(n)=n!$ = 362880 $m < n$ $M! = 6$

☒ Сочетания: $C(n,m)=n!/[m!(n-m)!]$ = 84 $m = 3$ $(N-M)! = 40320$

☒ Размещения с повторениями: $A(n,m)=n^m$ = 729

☒ Перестановки с повторениями: $n=n_1+n_2+n_3+n_4+n_5$ $N1! = 2$

$n_1 = 2$ $n_2 = 3$ $n_3 = 4$ $n_4 = 0$ $n_5 = 0$ $N2! = 6$

$P(n,n_1,n_2,n_3,...)=n!/(n_1!n_2!...)=$ 1260 $N3! = 24$

☒ Сочетания с повторениями: $C(n,m)=(n+m-1)!/[m!(n-1)!]=$ 165

Задачи Вычислить Очистить Заккрыть

Fig. 1. The window of the CombineCalc program

When selecting the "Permutation with repetitions" calculation, you additionally need to set the values n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 .

Комбинаторика - задачи

__Задачи по комбинаторике - 11 задач__

— Размещения —

Задача: сколько комбинаций из 6 флажков различного цвета по 2 флажка ? $A(6,2)=6!/4!=5*6=30$.

— Перестановки —

Задача: сколько способов расставить в строю 5 человек ? $P(5)=5!=120$.

— Сочетания —

Задача: 12 человек-кандидаты в совет из 5 чел-к, ключая Машу и Колю. Сколько может быть советов: с Машей и Колей ? без Маши и Коли ? с Машей ? с Колей ? Всего $C(12,5)=792$; с МиК: $C(10,3)=120$ без них $C(10,5)=252$; либо с Машей либо с Колей: $C(10,4)=210$.

— Размещения с повторениями —

Задача: 7 студентов сдали экзамен на 4 и 5. Сколько способов выставления им оценок ? $A(2,7)_{пов} = 2^7 = 128$.

Задача: Сколько способов распределения 6 подарков между 4 детьми ? $A(4,6)_{пов} = 4^6 = 216$.

Задача: сколько 5-значных чисел можно составить из цифр: а) 2,5,7,8? б) 0,1,9? а) $A(4,5)_{пов}=4^5=1024$; б) $A(3,5)_{пов}-A(3,4)_{пов}=1024-1024=0$

Очистить Заккрыть

Fig. 2. The window for displaying combinatorics problems

When you click the "Tasks" button, a window is displayed in which 11 typical combinatorics tasks with answers are presented. The output window for combinatorics tasks is shown in Figure 2.

Simulation of random variables

When modeling various processes and phenomena of a random (probabilistic) nature, statistical methods are used that display phenomena and processes using random (stochastic) events described by probabilistic (statistical) characteristics [4].

Statistical data processing, which is necessary for making decisions on disaster management, is carried out using various statistical methods, one of which is the statistical test method using pseudorandom numbers [2].

The statistical testing method consists in modeling the process under study using a probabilistic model and is based on repeated testing of the created probabilistic model. Obtaining random numbers in a probabilistic model is based on creating a sequence of evenly distributed numbers using a computer.

A random variable (number) is understood as a quantity that, as a result of experience, takes on a value that is unknown in advance [1].

Another definition is that a random variable X is a numerical function defined on the space of elementary events Ω , which assigns a number $X(w)$ to each elementary event w . A

random variable that takes on a finite or countable set of values is called discrete.

A random variable that takes on an uncountable set of values is called continuous (N.S.V.).

Thus, the D.S.V. takes separate isolated values, and the N.S.V. takes values from a certain interval (for example, on the segment $[0, t]$, where $t \geq 0$).

An algorithmic way to obtain random variables

The main way to obtain uniformly distributed random numbers on a computer is a software method using a recurrence relation, called algorithmic, and the random numbers themselves are pseudorandom (or quasi-random) numbers, since they are found using a deterministic mathematical expression.

A sequence of uniformly distributed pseudorandom numbers must meet the following requirements [2]:

- a sample of random numbers must meet the criteria for checking "randomness", and the distribution of these numbers should not significantly deviate from a uniform distribution.;
- the number of operations required to obtain a single pseudorandom number should not be too large;
- during the operation of the program, the distribution of these numbers and the degree of their correlation should not change.

Pseudorandom numbers can be obtained in many ways.

To obtain a pseudorandom number, the recurrent method is most often used, the algorithm of which contains several steps [8]:

- 1) Using a random number sensor, any random number A is created.
- 2) Normalization of the number of A .
- 3) In the computer's memory, the number A is shifted 7 digits to the left.
- 4) The addition operation is performed: $A + B = C$.
- 5) The modulus of the number C is taken: $A = |C|$.

The result of the algorithm is a pseudorandom number ξ , evenly distributed in the range $[0, 1]$. The random variable $Z(a, b)$, evenly distributed in the range $[a, b]$ is determined by the formula: $Z(a, b) = a + (b - a) * \xi$.

Simulation of pseudorandom numbers

The RanNum computer program allows you to simulate the process of obtaining pseudorandom numbers (the "Calc" button) using two functions from the library of standard computer functions: Random and RanNum. The simulation result can be presented graphically (the "Paint" button) in a separate window in the form of a distribution histogram. The program window is shown in Figure 3.

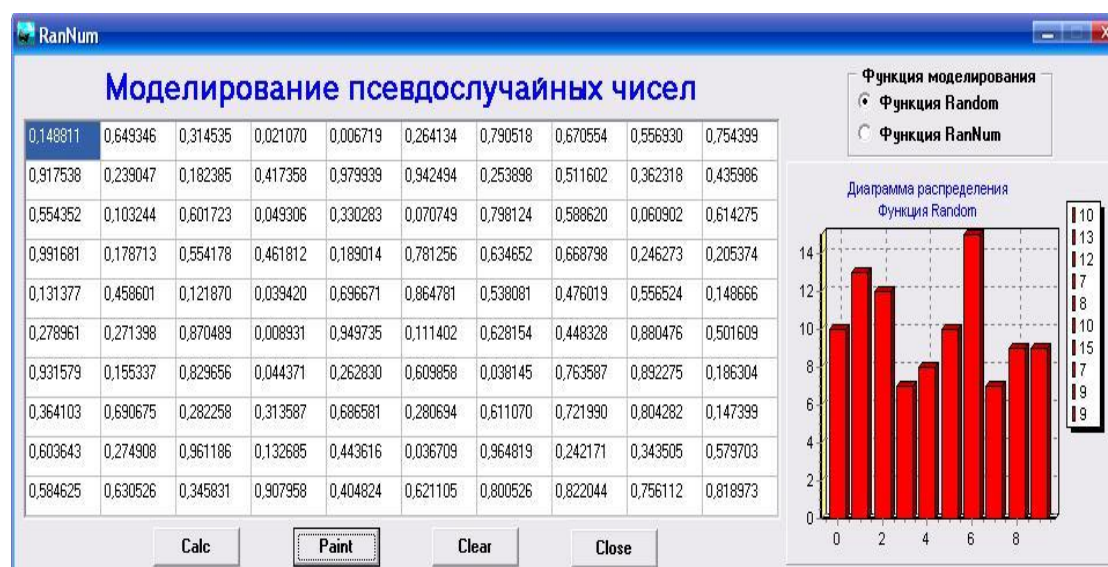


Fig. 3. The RanNum pseudorandom number modeling program

Conclusion

The presented results of computer simulation of combinatorial formulas and simulation of the process of obtaining pseudorandom numbers demonstrate the possibilities of simulation using the CombineCalc computer program, which implements combinatorial formulas for placements, permutations and combinations, as well as the RanNum computer program, which implements an algorithm for obtaining uniformly distributed pseudorandom numbers.

In the CombineCalc computer program, when you click the "Tasks" button, a window is displayed in which 11 typical combinatorics tasks with answers are presented, which facilitates the use of this program and makes it possible to use the program also for teaching combinatorics.

The scientific novelty of the research, reflecting the author's personal contribution, is the creation by the author of computer models implemented in the form of computer programs CombineCalc and RanNum.

References

1. Written lecture notes on probability theory, mathematical statistics and random processes. M.: Iris-press. 2008, 288 p.
2. Ivanovskiy R.I. Probability theory and mathematical statistics. Fundamentals, applied aspects with examples and tasks in the Mathcad environment. St. Petersburg: BHV-Petersburg. 2008, 528 p.
3. Danko P.E., Popov A.G., Kozhevnikova T.Ya. Higher mathematics in exercises and problems. M.: "Onyx". 2003, 416 p.
4. Combinatorics and probability theory. Textbook. / T.N. Antoshina [et al.]. St. Petersburg: St. Petersburg State University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023.
5. Boev V.D., Syplenko R.P. "Computer modeling". Moscow: INTUIT, 2016.
6. Low A.M., Kelton V.D. Computer modeling. St. Petersburg: Peter, 2014.
7. Kahneman D. Mathematical Modeling. NY and London, 2016.
8. System analysis and decision-making: textbook / V.S. Artamonov [et al.]. St. Petersburg: St. Petersburg State University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017.
9. Labinsky A.Yu. Possibilities of using information technologies in the educational process. // Natural and Man-made Risks. № 4. 2020.
10. Labinsky A.Yu. Computer modeling: monograph. St. Petersburg: St. Petersburg State University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021. 210 p.

Information about the article: the article was received by the editorial office: 10.05.2026; accepted for publication: 15.05.2026

Information about authors:

Labinsky Alexander Yu., associate professor of the applied mathematics and information technology chair of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovskiy ave., 149), PhD in technical sciences, associate professor e-mail: labynsciy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-2735-4189>, SPIN: 8338-4230

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 Budget Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev»

[16+]

Научно-аналитический журнал
Scientific and analytical journal

Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности

Supervisory activities and forensic examination in the security system

№ 2–2026

Главный редактор

Кузьмина Татьяна Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент
Chief Editor

Kuzmina Tatyana A., PhD in pedagogical sciences, associate professor

Регистрационный орган: Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Registration authority: Federal service for supervision of communications, information technology and mass communications (Roskomnadzor)

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-57196 от 11 марта 2014 г.

Registration certificate: PI № FS 77-57196 dated March 11, 2014.

Адрес редакции и издателя научно-аналитического журнала

«Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности»:

Россия, 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149,

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»

телефон для справок: +7(812)645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Editorial and publishing office of the scientific and analytical journal

«Supervision and judicial expertise in the security system»:

Russia, 196105, Saint Petersburg, Moskovsky ave., 149

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

phone for inquiries: +7(812)645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Подписано в печать 03.07.2026	Вышел в свет 08.07.2026	Формат 60×84 _{1/8}
Печать цифровая	Объем 11,25 п.л.	Тираж 35 экз.
Submitted to the press 03.07.2026	Свободная цена	
Digital printing	Published 08.07.2026	Format 60×84 _{1/8}
	Tentative printed sheets 11,25	Circulation 35 copies
	Open price	

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России

196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149.

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

196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149