

УДК 502/504 : 626/627

*Д. А. Рудиков***СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЗРЫВОПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ
ОБЪЕКТОВ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕЛИТЕЛЬНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ: НАУЧНЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

Аннотация. Настоящее исследование посвящено комплексному рассмотрению вопросов повышения надёжности функционирования объектов нефтепродуктообеспечения (ОНПО), расположенных в пределах жилой застройки, с точки зрения риска возникновения и распространения неконтролируемых горючих процессов. Представлен многокомпонентный, системно обоснованный подход к обеспечению взрывопожарной устойчивости, включающий превентивные действия, направленные на исключение условий образования опасных концентраций горючих веществ и устранение факторов, способных инициировать возгорание. Наряду с этим анализируются методы применения активных и пассивных средств противопожарной защиты. Особый акцент сделан на безопасности технологических установок переработки углеводородов, товарно-сырьевых объектов с функцией накопления и отпуска нефтепродуктов, а также железнодорожных сливноналивных узлов. В работе приводятся результаты оценки эффективности различных инженерных и административных решений, направленных на снижение вероятности инцидентов и смягчение их возможных последствий.

Ключевые слова: техногенная катастрофа, объект хранения нефтепродуктов, гидравлические системы, промышленная безопасность.

Для цитирования: Рудиков, Д. А. Системный подход к обеспечению взрывопожаробезопасности объектов нефтепродуктообеспечения в условиях селитебных территорий: научный анализ и методологические решения / Д. А. Рудиков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 47 – 51.

Введение

Современные реалии требуют особого внимания к вопросам обеспечения взрывопожарной безопасности на ОНПО, особенно если они расположены в границах или в непосредственной близости от жилых районов. К таким объектам относятся нефтебазы, наливные станции, установки переработки углеводородного сырья и прочие промышленные комплексы, эксплуатация которых сопряжена с потенциальной угрозой техногенных аварий.

Высокая плотность населения в таких зонах обуславливает значительный социально-экономический ущерб даже при локализованных инцидентах, включая риск человеческих жертв, разрушение инфраструктуры и деградацию экологических условий.

Оптимальной стратегией в данных условиях выступает предупреждение возникновения взрыво- и пожароопасных ситуаций [1–3]. Для этого необходима разработка и реализация комплекса мер, исключающих появление взрывоопасных сред и источников воспламенения, а также эффективное ограничение распространения огня при возможных авариях. Подбор конкретных решений должен базироваться на оценке рисков с учётом технологических особенностей, химико-физических характеристик применяемых веществ и параметров среды размещения объекта.

Методология исследования

В рамках проведённого анализа применялись методы системного подхода, включая элементы вероятностного моделирования, а также инструментарий математической статистики для количественной оценки рисков. Проведен критический анализ действующей нормативной базы в области противопожарной безопасности, изучены характеристики типовых проектных решений и опыт эксплуатации различных типов ОНПО. На основе полученной информации разработан алгоритм оценки эффективности мероприятий по повышению уровня безопасности.

Предупреждение образования взрывоопасных смесей: теория и практика

Повышение уровня взрывопожаробезопасности невозможно без комплексной работы по минимизации факторов [4–6, 10], способствующих образованию взрывоопасных смесей (ВОС). В случае установок переработки углеводородов предпочтительной является реализация непрерывных технологических схем с герметичным исполнением оборудования. Это позволяет снизить вероятность утечек и тем самым исключить образование ВОС в рабочем объёме аппаратов.

Герметизация снижает вероятность несанкционированных выбросов и контакта веществ с воздушной средой, а непрерывный режим работы минимизирует риски, связанные с остановами, пусками и ручным вмешательством.

Открытое размещение технологических элементов – колонн, насосных агрегатов, резервуаров – способствует более эффективному естественному рассеиванию паров за счёт вентиляции, снижая вероятность образования застойных зон с повышенными концентрациями горючих веществ.

Особую значимость имеет установка автоматизированных газоаналитических комплексов, обеспечивающих постоянный мониторинг воздушной среды и подачу тревожных сигналов при достижении дозврывоопасных уровней концентрации.

Контроль избыточного давления реализуется путём отведения продуктов в свечи или факельные системы, обеспечивая безопасную утилизацию без риска разрушения оборудования.

Исключение источников воспламенения: технические и организационные меры

Для исключения факторов, способных инициировать возгорание, необходимо строгое соблюдение требований к конструкции и размещению оборудования [7–9]. Так, все элементы осветительной и силовой электроустановки должны соответствовать требованиям взрывозащиты, адекватным типу и группе применяемых смесей.

Рекомендуется оснащение печей наружными паровыми завесами с возможностью дистанционного и ручного управления – это существенно снижает риск распространения пламени и защищает конструктивные элементы от перегрева.

Заземление всего ёмкостного оборудования и трубопроводов – обязательное требование к защите от статического электричества.

Скоростные параметры транспортировки углеводородов должны находиться в допустимых пределах, а подача продукта в аппараты должна осуществляться снизу вверх – это снижает риск гидроударов и образования статических зарядов.

Кроме того, необходимо предусмотреть молниезащитные системы и применять инструменты с антиискровыми свойствами при всех операциях технического обслуживания.

Противопожарная защита: проектирование, реализация и эксплуатационные требования

Комплекс мер активной противопожарной защиты должен включать как первичные средства тушения (огнетушители, песок, мотопомпы), так и стационарные системы –

например, паротушение печей, лафетные стволы, пожарные гидранты, автоматические извещатели, адаптированные к взрывоопасной среде.

Необходимым условием является кольцевое выполнение противопожарного водопровода, что позволяет обеспечивать бесперебойную подачу воды к любому участку установки.

На резервуарных парках и эстакадах целесообразно внедрение постоянного газоаналитического контроля, взрывозащищенного оборудования и молниезащиты.

Также важно обеспечить свободный доступ пожарной техники к каждому объекту, а также автоматические системы тушения на ключевых участках.

Для предотвращения перегрева резервуаров используются системы оросительных полуколец, а подающие трубопроводы должны выводиться за пределы обвалования, что снижает риск их повреждения при разливе нефтепродуктов.

Особенности тушения пожаров: тактика и средства

В случае возгораний нефтепродуктов в резервуарных зонах эффективной мерой является подача воздушно-механической пены низкой кратности. Этот состав характеризуется устойчивостью к высоким температурам и обладает высокой огнегасящей способностью.

Инфраструктура стационарной противопожарной системы должна включать насосные агрегаты, ёмкости противопожарного резерва, кольцевые растворопроводы, оснащённые лафетными стволами и гидрантами.

На железнодорожных сливноналивных узлах применяются дистанционно управляемые пеногенераторы и системы водяного охлаждения, направленные на локализацию пламени и предупреждение разрушения ёмкостей.

Выводы

Повышение уровня взрывопожарной устойчивости объектов нефтепродуктообеспечения, размещённых в условиях жилой застройки, требует целостного системного подхода, основанного на следующих принципах:

- исключение условий для образования взрывоопасных смесей путём оптимизации технологических процессов, герметизации аппаратуры и организации постоянного мониторинга среды;
- устранение возможных источников воспламенения за счёт применения соответствующего оборудования, заземления, молниезащиты и строгого соблюдения технологической дисциплины;
- формирование эффективной системы противопожарной защиты, сочетающей стационарные и мобильные средства тушения, а также обеспечение беспрепятственного доступа аварийно-спасательных служб.

Реализация указанных подходов способна существенно снизить уровень аварийности на ОНПО и обеспечить необходимый уровень защиты для населения и окружающей среды. Перспективные направления дальнейших исследований включают разработку инновационных технологий и систем, способных повысить надёжность функционирования объектов в условиях повышенного техногенного риска.

Библиографический список

1. Предупреждение аварийных ситуаций на гидравлических объектах нефтепродуктообеспечения / Д. А. Рудиков, А. А. Федотов, А. П. Эйлер, Д. Ю. Китаева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(59). – С. 139-143. – EDN EQPPIO.

2. ГОСТ Р 22.1.07-2023. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений и процессов. Общие требования. – Введ. 2024-05-01. — Москва: ФГБУ «РСТ», 2023. – 20 С.
3. ГОСТ Р МЭК 60300-1-2017. Менеджмент риска. Руководство по применению менеджмента надежности. – Введ. 2018-01-12. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 54 С.
4. **Журавлев, А. В.** Факторы и причины возникновения и развития аварий на объектах нефтепродуктообеспечения / А. В. Журавлев, С. Н. Холодова, Д. А. Рудиков // Безопасность техногенных и природных систем. – 2019. – № 1. – С. 28-32. – DOI 10.23947/2541-9129-2019-1-28-32. – EDN VUEWBK.
5. **Журавлев, А. В.** Вопросы предупреждения развития аварий и локализации выбросов опасных веществ на объектах нефтепродуктообеспечения / А. В. Журавлев, С. Н. Холодова, Д. А. Рудиков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 37-40. – EDN RZQQXR.
6. **Рудиков, Д. А.** Аспекты безопасности гидротехнических сооружений / Д. А. Рудиков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 1(50). – С. 76-78. – EDN CTOELQ.
7. **Finochenko, T. A.** Risk Management in Transportation Safety System / T. A. Finochenko, L. V. Dergacheva, I. A. Yaitsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020, Vladivostok, 06–09 октября 2020 года. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 022050. – DOI 10.1088/1755-1315/666/2/022050. – EDN JZEOEI.
8. **Дергачева, Л. В.** Износ рабочего колеса насоса: причины, последствия и пути решения / Л. В. Дергачева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 412-417. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-1-412-413. – EDN QVDERD.
9. **Дергачева, Л. В.** Анализ причин неисправности насосов систем жизнеобеспечения / Л. В. Дергачева // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2(59). – С. 76-81. – EDN ZKRPII.
10. **Рудиков, Д. А.** Безопасность гидравлического оборудования объектов нефтепродуктообеспечения / Д. А. Рудиков // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 09–11 ноября 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 217-220. – EDN WCLDCZ.

D. A. Rudikov

SYSTEMIC APPROACH TO SAFEGUARDING PETROLEUM PRODUCT SUPPLY FACILITIES IN URBAN RESIDENTIAL SETTINGS: SCIENTIFIC INSIGHTS AND METHODOLOGICAL SOLUTIONS

Abstract. This study addresses the problem of enhancing the reliability of petroleum product supply facilities (PPSF) located within residential areas in the context of risks associated with the onset and propagation of uncontrolled combustion processes. A system-based, multi-component approach to ensuring explosion and fire resilience is proposed, incorporating preventive measures that eliminate conditions for the formation of hazardous concentrations of flammable substances and remove potential ignition sources. The analysis further considers the application of both active and passive fire protection strategies. Particular attention is given to the safety of hydrocarbon processing units, storage and distribution facilities, and railway loading and unloading terminals. The findings include an evaluation of the effectiveness of

engineering and administrative measures aimed at reducing incident probability and mitigating potential consequences.

Keywords: technological disaster, petroleum product storage facility, hydraulic systems, industrial safety.

For citation: Rudikov, D. A. Systemic Approach to Safeguarding Petroleum Product Supply Facilities in Urban Residential Settings: Scientific Insights and Methodological Solutions / D. A. Rudikov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2025. – № 3. – P. 47 – 51.

Сведения об авторах

Рудиков Дмитрий Алексеевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедры «Безопасность
жизнедеятельности»,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: d-studio@mail.ru

Information about the authors

Rudikov Dmitry Alekseevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: d-studio@mail.ru