

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

Рахматова Д.М.

***Аннотация.** В тезисе рассматриваются вопросы совершенствования системы предупреждения пожаров в резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов с использованием риск-ориентированного подхода. Актуальность исследования обусловлена высокой пожарной и взрывопожарной опасностью резервуарных парков, значительными объёмами хранимых горючих жидкостей и возможностью образования взрывоопасных паровоздушных смесей. Проанализированы основные факторы, способствующие возникновению пожаров, включая нарушение технологических режимов, разгерметизацию оборудования, накопление статического электричества, воздействие атмосферного электричества и неисправность технологических систем. Рассмотрена необходимость перехода от преимущественно реактивной модели обеспечения пожарной безопасности к превентивному управлению рисками. Предложено совершенствование системы предупреждения пожаров за счёт комплексного мониторинга технологических параметров, раннего выявления опасных состояний, оценки пожарного риска и повышения эффективности организационно-технических мероприятий.*

***Ключевые слова:** резервуар, нефтепродукты, пожарная безопасность, пожарный риск, предупреждение пожаров, риск-ориентированный подход, мониторинг, взрывопожарная опасность, профилактика.*

The article considers the improvement of fire prevention systems for tanks used for storing oil and petroleum products based on a risk-oriented approach. The relevance of the study is determined by the high fire and explosion hazard of tank farms, the significant volumes of flammable liquids stored, and the possibility of forming explosive vapor-air mixtures. The main factors contributing to fire occurrence are analyzed, including violations of technological operating conditions, equipment leakage, accumulation of static electricity, atmospheric electrical discharges, and failures of technological systems. The necessity of transitioning from a predominantly reactive fire safety model to preventive risk management is substantiated. The improvement of the fire prevention system is proposed through integrated monitoring

of technological parameters, early detection of hazardous conditions, fire risk assessment, and enhancement of organizational and technical measures.

Keywords: *tank, petroleum products, fire safety, fire risk, fire prevention, risk-oriented approach, monitoring, fire and explosion hazard, prevention.*

Введение. Нефть и нефтепродукты относятся к наиболее широко используемым энергоносителям и промышленному сырью. Их хранение осуществляется преимущественно в резервуарах различного типа, которые объединяются в технологические комплексы — резервуарные парки. Значительные объёмы горючих жидкостей, наличие паров нефтепродуктов и сложность технологических процессов обуславливают повышенные требования к обеспечению пожарной безопасности таких объектов. [1, 2].

Одной из наиболее существенных опасностей является образование паровоздушной смеси в газовом пространстве резервуара. При определённом соотношении паров горючего вещества и воздуха наличие источника зажигания может привести к воспламенению, взрыву и последующему развитию крупномасштабного пожара. Опасность также повышается при нарушении герметичности оборудования, неисправности дыхательной арматуры, неправильной организации операций налива и слива, проведении огневых работ, накоплении статического электричества и воздействии атмосферных электрических разрядов. В современных условиях обеспечение пожарной безопасности требует не только наличия средств обнаружения и тушения пожара, но и систематического выявления опасностей до возникновения аварийного события. [2, 3]. В связи с этим особое значение приобретает риск-ориентированный подход, позволяющий оценивать вероятность возникновения пожара и тяжесть возможных последствий, а также определять приоритетные профилактические мероприятия.

Целью исследования является обоснование направлений совершенствования системы предупреждения пожаров в резервуарах для хранения нефтепродуктов на основе риск-ориентированного подхода, предусматривающего раннее выявление опасных состояний, контроль технологических параметров и повышение эффективности профилактических мероприятий.

Методы исследования. В исследовании использован риск-ориентированный подход к анализу пожарной безопасности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. В качестве основных объектов анализа рассматривались резервуары, технологические трубопроводы, дыхательная

арматура, системы налива и слива, заземления, молниезащиты, обнаружения пожара и автоматического пожаротушения.[3,4].

Для выявления потенциальных опасностей проведена систематизация основных сценариев возникновения пожара: образование взрывоопасной паровоздушной смеси, разгерметизация оборудования, нарушение технологических режимов, появление источника зажигания, неисправность технологического оборудования и воздействие атмосферного электричества.

Оценку риска целесообразно осуществлять с учётом двух основных составляющих — вероятности возникновения опасного события и тяжести его возможных последствий. [5-6]. В общем виде уровень риска может быть представлен зависимостью:

$$R = P \times C,$$

где **R** — уровень пожарного риска; **P** — вероятность возникновения опасного события; **C** — тяжесть возможных последствий.

На основе полученных оценок опасные состояния могут классифицироваться по уровням риска, что позволяет определить приоритетность профилактических мероприятий. Особое внимание уделялось раннему обнаружению отклонений технологических параметров, контролю герметичности, концентрации паров горючих веществ, температуры, давления и состоянию систем защиты.[7-8].

Результаты исследования. Проведённый анализ показывает, что предупреждение пожаров в резервуарных парках должно основываться не только на реагировании после обнаружения возгорания, но и на постоянном контроле условий, способствующих формированию пожароопасной ситуации. Наиболее значимым направлением совершенствования системы является переход к многоуровневой профилактической модели. В данной модели контроль безопасности осуществляется на нескольких взаимосвязанных уровнях: технологическом, диагностическом, организационном и противопожарном.

На технологическом уровне необходимо обеспечить непрерывный контроль основных параметров хранения нефтепродуктов, включая температуру, давление, уровень продукта и состояние оборудования. Диагностический уровень должен обеспечивать своевременное выявление утечек, превышения допустимых концентраций паров и других признаков развития опасного процесса. Особое значение имеет раннее обнаружение

формирования пожароопасной среды. Интеграция датчиков контроля загазованности, температуры, давления и состояния технологического оборудования позволяет получать информацию об изменении параметров в режиме, близком к реальному времени. При выявлении критических отклонений система должна формировать предупредительный сигнал и инициировать предусмотренные алгоритмы защитных мероприятий. Риск-ориентированная модель позволяет распределять профилактические ресурсы с учётом степени опасности отдельных элементов резервуарного парка. При этом повышенное внимание должно уделяться участкам, на которых сочетание высокой вероятности аварийного события и значительной тяжести последствий формирует повышенный уровень риска.

Предлагаемая структура совершенствования системы предупреждения пожаров представлена в виде последовательности:



Рисунок 1 — Структура совершенствования системы предупреждения пожаров в резервуарах для хранения нефтепродуктов

Таким образом, эффективность системы предупреждения определяется не отдельным техническим средством, а взаимодействием средств мониторинга, диагностики, автоматизации, организационных мероприятий и систем противопожарной защиты.

Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности своевременного выявления опасных состояний до перехода технологического нарушения в аварийное событие. Это позволяет повысить обоснованность профилактических мероприятий, сократить время реагирования и снизить вероятность развития пожара на ранней стадии.

Заключение. Совершенствование системы предупреждения пожаров в резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов целесообразно осуществлять на основе риск-ориентированного подхода, предусматривающего переход от преимущественно реактивного реагирования к предупреждению опасных состояний. Предложенная система предусматривает комплексное применение технологического мониторинга, раннего обнаружения пожароопасных факторов, оценки вероятности и последствий аварийных событий, а также организационно-технических мероприятий.

Использование риск-ориентированной модели позволяет определять наиболее опасные сценарии развития аварий, устанавливать приоритетные направления профилактики и повышать эффективность существующей системы пожарной безопасности. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка количественных критериев оценки риска и математической модели прогнозирования возникновения пожароопасных ситуаций в резервуарных парках.

Список литературы:

1. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. — М.: Недра, 1984. — 151 с.
2. Кошмаров Ю. А., Роев Э. Д., Решетар Я. и др. Огнестойкость технологических систем. — М.: Академия ГПС МЧС России.
3. Назаров В. П., Корольченко Д. А., Швырков С. А., Тангиев М. М., Петров А. П. Особенности оценки уровня пожаровзрывоопасности резервуаров перед проведением огневых работ. — 2021.
4. Аникин И. А., Петров А. П. Пожарная безопасность резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов. // Евразийский научный журнал. — 2022. — С. 35–39.
5. Иванков Д. С., Сметанкина Г. И., Жердев А. В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов. — 2019.
6. Матевосян Г. А. Особенности повреждений резервуаров и возникновения пожаров в резервуарных парках. — 2022.
7. Петрова Н. В., Чешко И. Д., Галишев М. А. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов. — 2016.

8. Трифонов К. И., Ларионов А. С. Оценка вероятности возникновения пожара в резервуаре с мазутом на второй промплощадке ОАО «Завод им. Дегтярева». — 2011.
9. Геценюк Е. В. Пути совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности объектов нефтеперерабатывающей промышленности.
10. Александрова В. Е. Возможные риски и ущербы на нефтедобывающем производстве. // E-Scio. — 2022.
11. Белов Д. А., Иванов В. А., Земенкова М. Ю. Цифровизация при контроле технического состояния резервуаров для нефтепродуктов в системе обеспечения промышленной безопасности. — 2025.
12. Аксенов С. Г., Семенов В. А. Газовое пожаротушение для защиты резервуарных парков нефти и нефтепродуктов. — 2025.