

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И СНИЖЕНИЮ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Д.М. Рахматова

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности резервуаров для хранения нефтепродуктов. На основе анализа основных опасных факторов, возникающих при хранении и проведении технологических операций с нефтепродуктами, систематизированы источники формирования пожарной и взрывной опасности. Особое внимание уделено образованию паровоздушных смесей, наличию источников зажигания, повышению давления и температуры, нарушению герметичности резервуарного оборудования и развитию аварийных сценариев. Предложен научно-методический подход к комплексной оценке уровня пожаровзрывоопасности резервуаров с учетом взаимосвязи вероятности возникновения аварийного события и тяжести его возможных последствий. Научная новизна заключается в обосновании интегральной оценки пожаровзрывоопасности резервуаров на основе совокупного учета технологических, эксплуатационных и организационных факторов риска. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании систем промышленной и пожарной безопасности объектов хранения нефтепродуктов.

Ключевые слова: нефтепродукты, резервуар, пожарная безопасность, взрывоопасность, пожаровзрывоопасный риск, пары углеводородов, источник зажигания, аварийный сценарий, оценка риска, управление риском.

Abstract. The article examines issues related to ensuring fire and explosion safety of tanks used for the storage of petroleum products. Based on an analysis of the main hazardous factors arising during the storage and technological operations involving petroleum products, the sources contributing to fire and explosion hazards are systematized. Particular attention is paid to the formation of vapor-air mixtures, the presence of ignition sources, increases in pressure and temperature, loss of tightness of tank equipment, and the development of emergency scenarios. A scientific and methodological approach is proposed for the comprehensive assessment of the fire and explosion hazard level of storage tanks, taking into account the relationship

between the probability of an emergency event and the severity of its potential consequences. The scientific novelty lies in substantiating an integral assessment of the fire and explosion hazard of storage tanks based on the combined consideration of technological, operational, and organizational risk factors. The results obtained can be used to improve industrial and fire safety systems at petroleum product storage facilities.

Keywords: *petroleum products, storage tank, fire safety, explosion hazard, fire and explosion risk, hydrocarbon vapors, ignition source, emergency scenario, risk assessment, risk management.*

Введение. Хранение нефти и нефтепродуктов относится к числу технологических процессов, характеризующихся повышенной пожарной и взрывной опасностью. Резервуарные парки нефтебаз, нефтеперерабатывающих предприятий и промышленных объектов содержат значительные объемы горючих жидкостей, при испарении которых в газовом пространстве резервуара и прилегающей зоне могут формироваться взрывоопасные паровоздушные смеси. [1,4].

Актуальность исследования определяется необходимостью повышения эффективности существующих систем предупреждения пожаров и взрывов на объектах хранения нефтепродуктов. Традиционный подход к обеспечению безопасности преимущественно основывается на соблюдении нормативных расстояний, технических требований к резервуарам, наличии противопожарного оборудования и выполнении организационных мероприятий. [4,6]. Однако развитие аварии, как правило, обусловлено не одним фактором, а совокупностью взаимосвязанных технологических, эксплуатационных и организационных причин. Особую опасность представляют операции по заполнению и опорожнению резервуаров, при которых изменяются концентрация паров нефтепродуктов, давление и температура в газовом пространстве. Дополнительными факторами риска являются неисправность дыхательной арматуры, нарушение герметичности, статическое электричество, атмосферные разряды, проведение огневых работ и отказ систем автоматического контроля. [5,6].

В связи с этим возникает необходимость разработки научно обоснованного подхода, позволяющего перейти от оценки отдельных опасных факторов к комплексной оценке пожаровзрывоопасности резервуаров. [10,11]. Целью исследования является разработка научно-методического подхода к комплексной

оценке и снижению пожаровзрывоопасности резервуаров для хранения нефтепродуктов с учетом взаимосвязи технологических, эксплуатационных и организационных факторов риска.

Методы исследования. В исследовании использованы методы системного анализа, идентификации опасностей, анализа причинно-следственных связей, сценарного анализа аварий, экспертной оценки и риск-ориентированного подхода. В качестве основных факторов, определяющих уровень пожаровзрывоопасности резервуара, предложено рассматривать:

- физико-химические свойства хранимого нефтепродукта;
- температуру вспышки и температуру самовоспламенения;
- интенсивность испарения;
- концентрацию паров углеводородов;
- объем и конструктивные особенности резервуара;
- герметичность оборудования;
- эффективность дыхательной арматуры;
- наличие потенциальных источников зажигания;
- техническое состояние оборудования;
- эффективность систем обнаружения и тушения пожара;
- соблюдение технологического регламента;
- уровень организационного обеспечения пожарной безопасности. [6,12].

Результаты исследования. Проведенный анализ показывает, что развитие аварий на резервуарах для хранения нефтепродуктов целесообразно рассматривать как последовательность взаимосвязанных стадий:



1-График. Эскалация опасной ситуации резервуаров.

Такое представление позволяет определить критические точки, на которых возможно прерывание аварийной цепочки. В качестве основного научного результата предлагается классифицировать факторы риска резервуаров по трем взаимосвязанным группам:

1. Технологические факторы — свойства нефтепродукта, температура, давление, скорость налива и слива, уровень заполнения и условия испарения.
2. Технические факторы — состояние резервуара, трубопроводов, дыхательной арматуры, запорной арматуры, средств контроля, сигнализации и автоматического пожаротушения.
3. Организационные факторы — соблюдение технологического регламента, периодичность технического обслуживания, подготовка персонала, контроль огневых работ и организация аварийного реагирования.

На основе указанной классификации может быть сформирована матрица приоритетности факторов риска. При этом наиболее критическими являются факторы, которые одновременно характеризуются высокой вероятностью возникновения и значительной тяжестью последствий.

Предлагаемый научно-методический подход предусматривает последовательное выполнение следующих этапов:



2-График. Научно-методического подхода к оценке и снижению пожаровзрывоопасности резервуаров для хранения нефтепродуктов.

Заключение. Проведенное исследование позволило сформировать научно-методический подход к оценке и управлению пожаровзрывоопасностью резервуаров для хранения нефтепродуктов, основанный на комплексном учете технологических, технических и организационных факторов. Установлена причинно-следственная закономерность развития аварийных процессов от нарушения технологического режима и разгерметизации до образования горючей паровоздушной смеси, ее воспламенения и развития пожара или взрыва с последующим распространением поражающих факторов. Обоснована последовательность «идентификация опасностей → формирование аварийных сценариев → оценка вероятности → оценка последствий → интегральная оценка риска → управление риском», позволяющая выявлять критические стадии развития аварии и определять приоритетные направления

превентивного воздействия. Показано, что снижение пожаровзрывоопасности должно обеспечиваться не только совершенствованием противопожарной защиты, но и непрерывным контролем герметичности, технологических параметров и концентрации горючих паров, а также ранним обнаружением опасных отклонений.[10,12].

Предложенный подход создает научно-методическую основу для последующей разработки количественной модели интегральной оценки риска с учетом свойств нефтепродукта, конструктивных характеристик резервуара, условий эксплуатации и эффективности защитных систем. Практическая реализация данного подхода направлена на переход от реагирования на последствия аварий к превентивному управлению риском, снижению вероятности возникновения пожаров и взрывов и ограничению масштабов их возможных последствий.

Список литературы:

1. Аникин Игорь Анатольевич, Петров Анатолий Павлович. Пожарная безопасность резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов // Евразийский научный журнал. — 2022. — № 10.
2. Наштэйн Юрий Юрьевич. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках // Меридиан. — 2022. — № — С.
3. Аксенов Сергей Геннадьевич, Петров Борис Павлович. Пожарная безопасность нефтяных резервуаров // Экология и безопасность. - 2023. С.
4. Самигуллин Гафур Халафович, Захаров Александр Евгеньевич. Снижение пожарной опасности при хранении нефтепродуктов в полимерных эластичных резервуарах, модифицированных нанокремнеземными компонентами // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2023. — № 2 (66). — С. 148–158.
5. [авторы статьи]. Комплекс мер по противопожарной защите дыхательной арматуры наземных резервуаров в резервуарных парках // ... — 2023. — № 3. — С. 3–15. DOI: 10.12737/2312-4431-2023-3-15.
6. Аманжолов Журсын Каналиевич, Габайдуллин Равгат Ибрагимович, Жолмагамбетов Нурбек Рыспекович, Ахметов Кабиден Мукатаевич, Аркабаев Усен Бекжанович. Моделирование оценки риска пожара на резервуаре хранения нефтепродуктов // Труды университета. — 2024. — № 1. — С. 131–136. DOI: 10.52209/1609-1825_2024_1_131.

7. Перевалов Андрей Сергеевич, Пастухов Константин Васильевич. Модель оценки эффективности тушения пожаров резервуаров нефтепродуктов // Journal of Civil Protection. — 2024. — Т. 8, № 3. — С. 264–275. DOI: 10.33408/2519-237X.2024.8-3.264.
8. Самохин Роман Евгеньевич. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в резервуарных парках нефтеперерабатывающих предприятий // Молодой ученый. — 2025. — №
9. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. — М.: Недра, 1984. — 151 с.
10. Волков О.М., Проскуряков Г.А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. — М.: Недра, 1981. — 256 с.
11. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. Ч. 1. — М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000. — 709 с.
12. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. — М.: Деловой экспресс, 2001. — 345 с.