

## **АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ РАЗГЕРМЕТИЗАЦИИ РЕЗЕРВУАРА С НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

**Митрофанова Е.С.** (Национальный исследовательский университет ИТМО), **Гридина Е.Б.** (доцент, Санкт-Петербургский горный университет)  
**Научный руководитель – доцент Кустикова М.А.**

Анализ статистически аварий в резервуарных парках показал, что имеют место разгерметизации резервуаров, вследствие которых наносится значительный ущерб оборудованию, персоналу и окружающей среде. Посредством анализа рисков выявлены наиболее вероятные и наиболее опасные последствия аварии, а также рассмотрены мероприятия по предотвращению реализации данной аварии.

Резервуары вертикальные стальные (РВС) - наиболее распространенный способ хранения жидких нефтепродуктов и иных промышленных жидкостей с минимальным расходом металла по сравнению с другими формами резервуаров.

Несмотря на многолетний срок эксплуатации, имеют место аварийные ситуации, приводящие к разрушительным последствиям. Более того, возможны наиболее опасные сценарии полного разрушения резервуаров. Образованная в результате аварии волна разлива способна разрушить имеющиеся защитные сооружения – земляные обвалования и защитные стены.

Анализ произошедших аварий показывает, что наиболее разрушительно каскадное развитие аварии. При этом самые распространенные нормативные ограждения – земляные обвалования, рассчитанные на гидростатическое давление, не способны удержать поток жидкости в пределах площадок. Поэтому становится актуальным вопрос разработки технически решений, направленных на гарантированное ограничение возможности разлива жидкости за пределы технической площадки при аварии на РВС.

Процесс разрушения резервуара имеет сложный механизм, наиболее нагруженный элемент конструкции – узел сопряжения стенки с днищем – разрушается за счет радиальных усилий давления жидкости, что приводит к разворачиванию стенки РВС и обрушению крыши на фундамент. При данном виде аварии наносится значительный ущерб экологии. Более того, при наличии источников зажигания или искрения велика вероятность возникновения пожара, что может привести к уничтожению или повреждению зданий и оборудования, а также к травмированию и гибели людей.

Таким образом, целью данного исследования является оценка риска реализации данной аварии, а также поиск мер по его минимизации.

Согласно Руководству по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах" частота разгерметизации резервуаров с мгновенным выбросом всего содержимого в окружающую среду:  $1 \cdot 10^{-5}$ . Данную вероятность можно отнести к категории вероятного отказа. Тем не менее, вероятность – величина, основанная на данных статистики, поэтому для определения наиболее опасного сценария руководствуется данными о зонах поражения различными факторами.

Анализ показал, что наибольшую зону затрагивает реализация сценария, при котором после разгерметизации резервуара происходит взрыв топливно-воздушной среды (ТВС):

разрушение резервуара нефти→разлив нефти→испарение нефтепродуктов с поверхности разлива→образование облака ТВС→иницирование ТВС→взрывное превращение (горение) в облаке ТВС→попадание в зону поражающих факторов людей и/или оборудования.

Для анализа последствий исходного события – разгерметизации резервуара – воспользуемся методом «Дерева событий». В качестве инициирующего события примем полное разрушение резервуара. Далее, используя «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО», прописывается возможная цепочка событий и их

последствий, приводящих к трём исходам: 1) рассеяние без воспламенения (60,8 %); 2) пожар пролива (37,8 %); 3) взрыв ТВС (1,4 %).

Первое результирующее событие принесет наибольший ущерб экологии. Наиболее опасными для человека и оборудования являются два последних пункта. С точки зрения экономического, экологического ущерба, а также возможности травмирования персонала наибольший интерес представляет событие номер 3.

Возможное число пострадавших зависит от их попадания в радиус зоны поражения таких факторов как ударная воздушная волна и тепловое излучение. Следовательно, критерием выбора наиболее опасного сценария является их максимальный радиус.

Для реализации сценария 3 при полном разрушении РВС необходимо долговременное испарение паров ЛВЖ с поверхности разлива. Причем чем больше площадь разлива, тем интенсивней процесс испарения. Это возможно при распространении разлива за пределы площадки каре вследствие её разрушения волной прорыва или при размывии обвалования. Следовательно, для невозможности разлива на большую площадь необходимо укрепить имеющееся защитное сооружение или заменить его более надежным.

В качестве основных вариантов модернизации применяют:

1. установка дополнительных защитных сооружений на участке между стенкой резервуара и существующим защитным сооружением;
2. увеличение высоты существующих сооружений;
3. усовершенствование существующих сооружений.

Таким образом, на основании экспериментальных данных, наиболее эффективным способом защиты является бетонное обвалование высотой 2,5, далее земляное обвалование (2,5м) и, наконец, дополнительная стенка с волноотражающим козырьком. Однако применение стандартных сооружений не всегда возможно, в силу густой застройки объекта.

Тогда возможно применение такой технологии как бетонное полотно Concrete Canvas. Оно представляет собой два слоя текстильного полотна, между которыми располагается прослойка из сухой бетонной смеси высокого качества и одностороннего покрытия из поливинилхлорида. Основное преимущество данного полотна в том, что оно представляет собой готовый материал, который требует только укладки на подготовленную поверхность, и который можно применять как на строящихся, так и на уже эксплуатируемых объектах.

На основании изученных данных, рассчитаны параметры возгорания и взрыва топливно-воздушной смеси, которая образуется над поверхностью разлива, и зоны воздействия таких поражающих факторов как ударная воздушная волна и тепловое излучение до и после внедрения технологии Concrete Canvas.

После внедрения данного мероприятия риск влияния поражающих факторов на персонал и оборудования сокращается в несколько раз, поскольку распространение ЛВЖ за пределы площадки каре становится невозможным.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. площадь разлива нефтепродукта ограничилась только площадкой каре, откуда она поступит в дренажную полость для сбора в аварийной емкости;
2. однако даже в случае возникновения взрывоопасной ситуации вероятность разрушения зданий и сооружений снизилась более чем в 2 раза в случае частичного разрушения здания или повреждения резервуара и в 6 раз для полного разрушения;
3. вероятность поражения человека тепловым излучением снизилась до 5,5% при нахождении в зоне максимального поражения;
4. в тоже время вероятность попадания персонала в зону поражения уменьшилась, согласно расчету, в 5,5 раз.

Данные изменения приведут к снижению уровня риска возникновения аварийной ситуации.

Мигрофанова Е.С. (автор)

Подпись

Кустикова М.А. (научный руководитель)

Подпись

