

*С.А. Швырков, С.А. Горячев, А.С. Швырков*  
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: pbtp@mail.ru)

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ЗАЩИТНОЙ СТЕНКЕ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ТИПА "СТАКАН В СТАКАНЕ"**

*Обоснована актуальность проведения исследований, направленных на разработку требований пожарной безопасности к защитной стенке вертикальных цилиндрических стальных резервуаров с нефтью или нефтепродуктом типа "стакан в стакане".*

*Ключевые слова: пожарная безопасность, нефтяной резервуар, разрушение, защитная стенка.*

*S.A. Shvyrkov, S.A. Gorychev, A.S. Shvyrkov*

## **TOPICAL ISSUES OF REGULATION OF FIRE SAFETY TO THE PROTECTIVE WALL OF THE OIL TANKS OF THE TYPE "GLASS IN THE GLASS"**

*The actuality of research aimed at developing a fire safety requirements for the protective wall of vertical cylindrical steel tanks with oil or petroleum product type "glass in the glass".*

*Key words: fire safety, oil tank, the destruction, the protective wall.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 21 марта 2016 г.

Современный этап развития нефтегазовой отрасли России сопровождается интенсивным строительством новых терминалов и расширением резервуарных парков на реконструируемых объектах хранения нефти и нефтепродуктов. Основными типами хранилищ в резервуарных парках являются *вертикальные стальные цилиндрические резервуары (РВС или нефтяной резервуар)*. В существующих и строящихся резервуарных парках сохраняется тенденция увеличения объёма хранимых нефтепродуктов, их номенклатуры, а также единичной вместимости резервуаров [1].

Однако наряду с зарекомендовавшими себя преимуществами (в том числе – экономическими) процессам хранения нефти и нефтепродуктов в РВС присущ ряд негативных моментов. В частности, несмотря на осуществление большого комплекса мероприятий по обеспечению пожарной безопасности резервуарных парков как на стадии проектирования, так и в период их эксплуатации, продолжают происходить аварии и пожары нефтяных резервуаров. При этом, как свидетельствует статистика, наиболее опасные ситуации возникали при квазимгновенных разрушениях РВС. Образующаяся в этом случае волна прорыва полностью разрушала (промывала или пережжёвывала через) нормативные преграды, разрушала технологическое оборудование, соседние здания и сооружения, что часто приводило к пожару пролива на значительной площади. Так, из 150 таких инцидентов, зарегистрированных за последние 60 лет,

более половины квалифицировались как крупные или катастрофические аварии, 32 из которых привели к гибели 126 человек, а 60 – сопровождалась крупными пожарами с травмами людей [2].

Основными причинами возникновения квазимгновенных разрушений РВС являются: большой процент износа эксплуатируемых в настоящее время РВС, неравномерные просадки оснований, сложный характер нагружения конструкции, отсутствие достаточного контроля сплошности сварных соединений в зоне уторного шва, отступления от проектов, нарушения режимов эксплуатации, коррозия металла и др. Анализ причин разрушений РВС показал, что в абсолютном большинстве они являются следствием дефектов сварных соединений в сочетании с применением некачественной листовой стали с пониженными механическими свойствами [2].

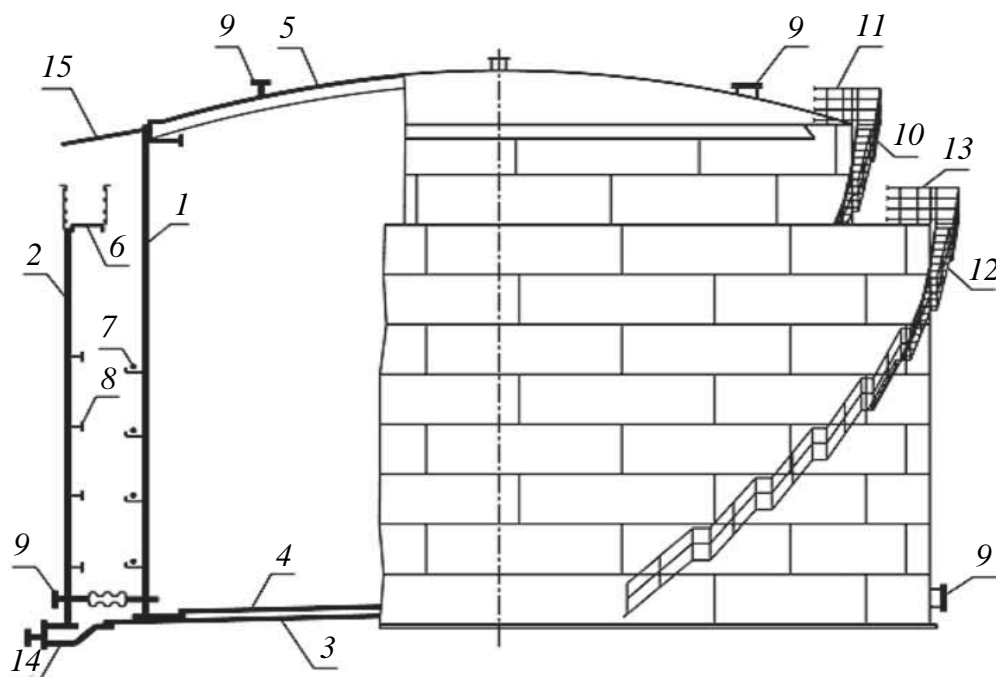
Рассмотренные обстоятельства позволяют считать, что и сегодня вопрос обеспечения надёжности резервуарных конструкций остаётся до конца не решённым. Необходимо признать, что, несмотря на определенный прогресс, достигнутый в последние десятилетия в области повышения надёжности РВС, опасность их разрушения сохраняется, что и подтверждает статистика аварий.

Вследствие этого вопросы противопожарной защиты объектов хранения нефти и нефтепродуктов остаются актуальными и решаются, в том числе, за счет разработки и применения новых средств предотвращения или ограничения разлива жидкостей при пожаре (аварии) [3]. Основными защитными сооружениями по ограничению аварийного разлива жидкостей в резервуарных парках в настоящее время остаются земляные обвалования или ограждающие стены из негорючих материалов, расчёт которых производится только на гидростатическое удержание пролитой жидкости [3, 4]. Однако анализ последствий разрушений РВС убедительно свидетельствует о том, что такие преграды не способны удержать поток жидкости, движущийся по законам гидродинамики [2].

Одним из перспективных конструктивных решений по ограничению разлива нефти и нефтепродуктов является устройство **РВС типа "стакан в стакане" (РВСЗС)**, состоящего из внутреннего (основного) резервуара, предназначенного для хранения продукта, и наружного резервуара – защитной стенки для удержания продукта в случае аварии или нарушения герметичности основного резервуара (рис. 1).

Требования к проектированию РВСЗС сформулированы в ряде нормативных документов [5-8]. В частности, в **ГОСТ 31385-2008 "Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия"** (**ГОСТ**) [5] отмечается, что такие резервуары необходимо устанавливать для обеспечения безопасности людей и окружающей среды в условиях стесненных производственных площадок при отсутствии обваловок групп резервуаров, а также при условии расположения резервуаров вблизи морей и рек.

Согласно п. 5.1.11.3 [5], минимальное расстояние между рабочим резервуаром и защитной стенкой должно быть не менее 1,8 м.



**Рис. 1.** Общий вид резервуара с защитной стенкой:

1 – основная стенка; 2 – защитная стенка; 3 – основное днище; 4 – защитное днище;  
 5 – стационарная крыша; 6 – ветровое кольцо на защитной стенке; 7 – аварийные  
 канаты на основной стенке; 8 – кольца жесткости на защитной стенке; 9 – патрубки  
 и люки; 10 – лестница на основной стенке; 11 – кольцевая площадка на крыше;  
 12 – лестница на защитной стенке; 13 – площадка по ветровому кольцу;  
 14 – лотковый зумпф; 15 – атмосферозащитный козырек

Подробнее требования к РВСЗС отражены в п. 3.10 **ПБ 03-605-03** "Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов" (**ПБ**) [6]. Здесь отмечается, что при наличии на защитном резервуаре атмосферного козырька, перекрывающего межстенное пространство между наружной и внутренней стенками, должна быть обеспечена вентиляция этого пространства путем установки вентиляционных патрубков, равномерно расположенных по периметру на расстоянии не более 10 м друг от друга. Высота стенки защитного резервуара должна составлять не менее 80 % от высоты стенки основного резервуара. Диаметр защитного резервуара должен быть таким, чтобы в случае повреждения внутреннего резервуара и перетекания части продукта в защитный резервуар уровень продукта был на 1 м ниже верха стенки защитного резервуара, при этом ширина межстенного пространства должна быть не менее 1,5 м. Днище основного резервуара может опираться непосредственно на днище защитного резервуара или (для лучшего контроля возможных протечек продукта) на разделяющие днища решетки, арматурные сетки или иные прокладки. Уклон днищ резервуаров с защитной стенкой должен быть только наружу, при этом резервуары с защитной стенкой не требуют обвалования.

Отдельные требования к РВСЗС предъявляются также в п. 3.10.9 *"Руководства по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов"* (Руководство) [7]. Для проникновения обслуживающего персонала в межстенное пространство в первом поясе защитной стенки должны быть установлены не менее двух люков-лазов диаметром 800 мм с быстрооткрывающимися люками байонетного типа. На основной стенке рекомендуется устанавливать стальные аварийные канаты для предотвращения удара о защитную стенку резервуара в случае возникновения аварий. Канаты рекомендуется устанавливать без предварительного натяжения и без провисания между узлами их крепления к стенке. Вместо стальных канатов могут применяться синтетические монтажные полотенца, равнопрочные стальным канатам. На защитной стенке устанавливаются кольца жёсткости, рассчитанные на гидродинамический удар продукта при аварии основного резервуара. Для удаления атмосферных осадков в межстенном пространстве, ширина которого должна быть также не менее 1,8 м, рекомендуется устанавливать лотковые или круглые зумпфы зачистки.

В наиболее обобщенном и расширенном виде требования к РВСЗС изложены также в стандарте организации "Ростехэкспертиза" *СТО-СА-03-002-2009* "Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов" (СТО) [8], введенном впервые в 2009 г. в дополнение к требованиям ПБ 03-605-03 [6] и в целях соблюдения требований ГОСТ 31385-2008 [5] в качестве рекомендательного нормативно-технического документа межотраслевого применения.

Помимо перечисленных выше требований, в Приложении П.17 [8] указывается, что РВСЗС не требуют устройства железобетонного каре для защиты от гидростатического удара продукта при мгновенном хрупком разрушении резервуара, а требуют обычной защиты для гидростатического удержания и организованного отвода растекающейся жидкости. Кроме этого, в СТО, в отличие от всех рассмотренных выше документов, приводится расчёт защитной стенки на прочность и устойчивость для основных и особого сочетания нагрузок, обусловленных сценарием развития аварии:

- основная стенка получает мгновенное хрупкое разрушение вдоль образующей по всей высоте;
- в образовавшийся разрыв происходит выливание продукта с одновременным увеличением ширины разрыва;
- канаты (тросы), установленные на основной стенке, замедляют её раскрытие до момента затекания продукта в межстенное пространство и обеспечивают сохранение формы основной стенки в зоне разрыва;
- гидродинамическая нагрузка от продукта на защитную стенку воспринимается установленными на ней кольцами жесткости.

В СТО приводится схема нагрузки, которую допускается применять для резервуаров с объёмом до  $25000 \text{ м}^3$ , при этом указывается, что для резервуаров большего объёма требуется проведение расчётов аварийного сценария на основе гидродинамической модели с подвижными границами, соответствующими движению разрушенной основной стенки.

Следует отметить, что в 2010 г. к рассматриваемому СТО вышли дополнения и изменения, касающиеся и требований к РВСЗС. Появился раздел по устройству систем тушения пожаров и охлаждения резервуаров, в котором отмечается, что системы противопожарной защиты на РВСЗС должны проектироваться на основании сценария развития аварийной ситуации, связанной с разрывом основной стенки резервуара и разливом продукта в объёме защитного резервуара, рассчитанного на гидродинамические нагрузки и полное удержание продукта. При этом защитный резервуар должен оборудоваться стационарной системой пенного пожаротушения с установкой пеногенераторов или пенокамер в верхнем поясе защитной стенки или выше защитной стенки. Кроме этого, защитный резервуар должен иметь стационарную систему водяного охлаждения.

В СТО предусматривается также и возможность тушения пожара в основном резервуаре установками углекислотного пожаротушения, которые должны размещаться за обвалованием резервуаров в местах, где они не могут быть подвергнуты воздействию опасных факторов пожара, механическому, химическому или иному повреждению и прямому воздействию солнечных лучей. В новой редакции СТО отмечается, что указанные системы противопожарной защиты резервуаров объёмом свыше  $30 \text{ тыс. м}^3$ , а также резервуаров для хранения газового конденсата могут применяться только после разработки специальных технических условий на противопожарную защиту конкретного объекта, согласованных в установленном порядке.

В СТО также отмечается, что для контроля возможных утечек продукта в межстенном пространстве резервуара должны быть установлены не менее 4 штук газоанализаторов по периметру основного резервуара, а также патрубки для контроля герметичности пространства между основным и защитным днищами. Дополнено требование к быстрооткрывающимся люкам с затворами байонетного типа, которые должны быть рассчитаны и испытаны на заводе-изготовителе на давление  $0,25 \text{ МПа}$ .

Таким образом, требования к проектированию, монтажу, эксплуатации РВСЗС и к обеспечению их промышленной безопасности предъявляются сразу в четырех одновременно действующих документах. Однако, анализ этих требований показал, что между ними имеется *ряд существенных несоответствий*, непосредственно влияющих на обеспечение как промышленной, так и пожарной безопасности.

**Во-первых**, во всех рассмотренных документах отмечается, что высота защитной стенки должна составлять не менее 80 % от высоты стенки основного резервуара, однако ширина межстенного пространства в ПБ устанавливается не менее 1,5 м, а в других документах – не менее 1,8 м. При этом в нормах не устанавливаются требования к максимальной ширине межстенного пространства, которая влияет на высоту защитной стенки, обустройство атмосферозащитного козырька, условия образования взрывоопасных концентраций в межстенном пространстве. Уместно отметить, что ранее выполненные на кафедре пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России эксперименты по изучению воздействия волны прорыва на ограждения различных конфигураций (вертикальная стенка, наклонная стенка, стенка с козырьком и др.), убедительно свидетельствуют о существенном влиянии расстояния от стенки РВС до ограждения на высоту самого ограждения [2].

**Во-вторых**, ГОСТ и ПБ не требуют обустройства по периметру РВСЗС или групп таких резервуаров земляных обвалований или иных ограждений из негорючих материалов, а в СТО указывается, что РВСЗС не требуют устройства железобетонного каре, а требуют обычной защиты для гидростатического удержания жидкости. При этом в Руководстве вообще отсутствуют требования к обустройству ограждений РВСЗС.

**В-третьих**, в ГОСТ, ПБ и Руководстве отсутствует методика расчёта на прочность защитной стенки резервуара, а в СТО приведена лишь схема приложения нагрузки к защитной стенке и её фундаменту при аварии РВСЗС объёмом до 25 тыс. м<sup>3</sup>. При этом указывается, что для резервуаров большего объёма требуется проведение специальных расчётов на основе гидродинамической модели с подвижными границами, соответствующими движению разрушенной основной стенки. Здесь важно отметить, что требования ГОСТ и Руководства распространяются на резервуары номинальным объёмом от 100 до 120 тыс. м<sup>3</sup>, требования ПБ – на резервуары номинальным объёмом от 100 до 50 тыс. м<sup>3</sup>, а требования СТО позволяют осуществлять проектирование и строительство резервуаров таких параметров, которые способствовали бы созданию оптимальных конструктивных форм и в наибольшей степени соответствовали индивидуальным требованиям заказчика, то есть в принципе, предъявляются требования на проектирование резервуаров любого номинального объёма.

**В-четвертых**, ГОСТ предъявляет требования к конструктивным мероприятиям для предотвращения лавинообразного разрушения и полного раскрытия стенки рабочего резервуара, однако какие-либо решения этих мероприятий не раскрываются. В ПБ эти требования отсутствуют вовсе. В Руководстве и СТО в качестве таких мероприятий рекомендуется на основной стенке резер-

вуара устанавливать стальные аварийные канаты для предотвращения удара о защитную стенку резервуара в случае возникновения аварий, сечение и места расположения которых, определяются специальными расчётами. Канаты рекомендуется устанавливать без предварительного натяжения и без провисания между узлами их крепления к стенке. Вместо стальных канатов могут применяться синтетические монтажные полотенца, равнопрочные стальным канатам. Непосредственно на защитной стенке должны устанавливаться кольца жесткости, рассчитанные на гидродинамический удар продукта при аварии основного резервуара.

Здесь важно отметить, что на практике отмечены факты разрушения РВС непосредственно от воздействия высоких температур пожара [2], так как свободный борт стенки РВС при отсутствии охлаждения в течение 3-5 минут теряет свою несущую способность. При этом появляются визуально определяемые деформации из-за прогрева конструкции пламенем. В РВС с плавающими крышами полная потеря плавучих средств и затопление крыши в условиях реального пожара наступают, как правило, через 1 час. При пожаре в обваловании (в случае РВСЗС ему соответствует пожар в межстенном пространстве), после 10-15 минут воздействия пламени на конструкции резервуара наступает потеря несущей способности лестниц, выходят из строя узлы управления коренными задвижками и хлопущами, происходит разгерметизация фланцевых соединений [9]. В связи с этим возникает вопрос об устойчивости предлагаемых нормами стальных канатов, синтетических монтажных полотенец, а также колец жесткости, монтируемых на защитной стенке, к воздействию теплового потока пожара.

**В-пятых**, в рассматриваемых документах отсутствуют требования к огнестойкости защитной стенки. С одной стороны, это может объясняться тем, что защитная стенка относится непосредственно к конструкции РВСЗС и требование к её огнестойкости является неправомерным. С другой стороны, в СТО указано, что при его разработке использованы также требования ГОСТ Р 53324-2009 "Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности" [10], где к ограждениям резервуаров, выполненных из строительных материалов и предназначенных для ограничения площади разлива жидкости, предъявляются требования и по огнестойкости (не менее Е 150). Очевидно, что выполнить данное требование применительно к защитной стенке РВСЗС, выполняемой из конструкционной стали, является весьма проблематичным.

**В-шестых**, во всех рассматриваемых документах указывается, что установка резервуаров в составе резервуарных парков, взаимное их расположение и обеспечение системами противопожарной защиты должны соответствовать требованиям норм проектирования и безопасности резервуарных парков на складах нефти и нефтепродуктов. Однако, требования действующего СП 155.13130.2014 "Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности" [4] не распространяются на склады нефти и нефтепродуктов с применением РВСЗС. При этом иные нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности к РВСЗС, в настоящее время отсутствуют.

Таким образом, отсутствие нормативных документов, регламентирующих требования пожарной безопасности к РВСЗС, а также рассмотренные существенные несоответствия требований в нормативных документах по промышленной безопасности, предъявляемых к РВСЗС, обуславливают актуальность проведения исследований, направленных на обеспечение пожарной безопасности нефтяных резервуаров типа "стакан в стакане", и, в первую очередь, на нормирование требований к защитной стенке.

#### **Литература**

1. **Лазаренко Б.С., Макушин Е.Н.** Нефтебазы и нефтяные терминалы: от современного проектирования до эффективной эксплуатации // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 1. С. 70-75.
2. **Швырков С.А.** Пожарный риск при квазимгновенном разрушении нефтяного резервуара: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015.
3. **Федеральный закон** от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент требований пожарной безопасности".
4. **СП 155.13130.2014.** Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.
5. **ГОСТ 31385-2008.** Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
6. **ПБ 03-605-03.** Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
7. **Руководство** по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013.
8. **СТО-СА-03-002-2009.** Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
9. **Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. и др.** Тушение нефти и нефтепродуктов: пособие. М.: ВНИИПО МВД России, 1996.
10. **ГОСТ Р 53324-2009.** Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности.