

УДК 621.642

**КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ****канд. техн. наук, доц. Л.М. СПИРИДЕНКО, А.И. БОНДАРЧУК  
(Полоцкий государственный университет)**

*Исследуется главная причина возникновения аварий при эксплуатации резервуаров – большой износ резервуарного парка вследствие истечения срока его службы. Поэтому вопрос надежности и безопасности парка является объектом постоянного внимания органов Государственного надзора в части промышленной, пожарной и экологической безопасности. В состав комплексной безопасности стальных резервуаров входит безопасность, которая обеспечивается на первоначальном этапе или на этапе резервуаростроения, а в дальнейшем на этапе эксплуатации. Важнейшим элементом обеспечения комплексной безопасности и надежности на этапе эксплуатации выступает ремонт стальных резервуаров. В зависимости от конструктивного элемента и вида дефектов разрабатываются карты примерных исправлений дефектов в стальных резервуарах. Такой подход позволяет уменьшить трудоемкость и себестоимость процессов устранения дефектов и обеспечить работоспособность и надежность резервуаров.*

**Введение.** На территории Беларуси для хранения нефти и нефтепродуктов используются резервуары самых разнообразных конструктивных решений. Всего на территории встречаются более 700 резервуаров, общим объемом порядка 1,5 млн. м<sup>3</sup>. Наиболее распространенными являются резервуары стальные и железобетонные, преимущественно стальные вертикальные цилиндрической конструкции (РВС).

В мировой практике вопросам резервуаростроения уделяется достаточно много внимания. Связано это прежде всего с тем что вертикальные цилиндрические резервуары для нефти и нефтепродуктов представляют собой весьма ответственные инженерные сооружения, авария которых может привести к экономическому и экологическому ущербу.

В экстремальных случаях, по статистическим данным, общий материальный ущерб превышает в 500 и более раз затраты на сооружение резервуаров.

Резервуары для нефти и нефтепродуктов остаются одними из наиболее опасных объектов. Это связано с целым рядом причин, наиболее характерные из которых следующие:

- высокая пожаровзрывоопасность хранимых продуктов;
- крупные размеры конструкций и связанная с этим протяженность сварных швов, которые трудно проконтролировать по всей длине;
- несовершенство геометрической формы, неравномерные просадки оснований;
- большие перемещения стенки, особенно в зонах геометрических искажений проектной формы;
- высокая скорость коррозионных повреждений;
- малоцикловая усталость отдельных зон конструкции стенки;
- сложный характер нагружения конструкции в зоне уторного шва и другие.

Но самой главной причиной является большой износ резервуарного парка вследствие истечения срока службы резервуаров. Поэтому вопрос надежности и безопасности резервуаров является объектом постоянного внимания органов Государственного надзора в части промышленной, пожарной и экологической безопасности.

**Обеспечение комплексной безопасности.** В состав комплексной безопасности стальных резервуаров входит безопасность, которая обеспечивается на первоначальном этапе или на этапе резервуаростроения, а в дальнейшем – на этапе эксплуатации.

Важнейшим элементом обеспечения комплексной безопасности и надежности на этапе эксплуатации выступает ремонт стальных резервуаров.

На первоначальном этапе одним из направлений повышения надежности резервуаров является совершенствование технической нормативной правовой базы. Значительный прогресс в области разработки и совершенствования норм по проектированию и устройству резервуаров достигнут в Российской Федерации. В последнее время там были разработаны и введены следующие стандарты:

- ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (введены в 2003 году);
- ГОСТ Р 52910-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов (введен в 2008 году);

- СА-03-008-08. Стандарт Ассоциации. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности;
- СТО 0030-2004. Стандарт организации. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции;
- СТО-СА-03-002-2009. Стандарт организации. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (введен в 2009 году);
- ГОСТ 31385 -2008. Межгосударственный стандарт. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия (введен в 2010 году).

В Республике Беларусь также ведется работа по разработке норм в области резервуаростроения.

Специалистами кафедры трубопроводного транспорта УО «ПГУ» совместно с ОАО «Нефтезавод-монтаж» разработан и введен в действие в 2010 году технический кодекс установившейся практики ТКП 45-5.04-172-2010 «Стальные вертикальные цилиндрические резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов. Правила проектирования и устройства». При разработке документа были проанализированы различные стандарты в области резервуаростроения, такие как API 650, EN 14015, указанные выше российские нормы, стандарты Украины, Казахстана, Польши. В наибольшей степени ТКП гармонизирован с нормами России.

Необходимость разработки ТКП была обусловлена значительным прогрессом в технологии изготовления резервуаров, повышением требований к качеству их изготовления, внедрением новых, передовых методов изготовления, сварки и антикоррозионной защиты, необходимостью строительства новых и замены исчерпавших эксплуатационный ресурс резервуаров. Задачей ТКП является разработка комплекса основных требований по проектированию и изготовлению резервуаров, которые обеспечат высокое качество строительства резервуаров и безопасность их эксплуатации; ТКП устанавливает требования к резервуарам номинальным объемом от 100 до 120 000 м<sup>3</sup> для хранения нефти и нефтепродуктов под избыточным давлением, близким к атмосферному давлению.

В некоторых случаях ТКП допускает применение альтернативных решений при условии согласования их с головной организацией по сварке (требования к термообработке, требования к обработке кромок и т.п.). Это связано с тем, что технологии обработки металлов, сварки, изготовления и монтажа резервуарных конструкций постоянно совершенствуются, вместе с тем совершенствуется оборудование и методы производства работ.

Например, некоторые стандарты в области резервуаростроения предъявляют требования к термообработке врезок в стенку резервуара и эти требования отличаются друг от друга в различных стандартах. Новый стандарт СТО-СА-03-002-2009 (Россия) [1] устанавливает требования в зависимости от диаметра врезки, толщины и предела текучести стали.

Так, при проектировании РВС объемом 20000 м<sup>3</sup> для ЛПДС «Мозырь» использовалась сталь 09Г<sub>2</sub>С с пределом текучести 325 МПа с параметрами толщины стенки нижнего пояса 19 мм. Согласно проекту термообработка врезок при сварке не требуется (проектирование по ПБ 03-605-03), однако по новому стандарту России [1] для толщин стенки свыше 18 мм с пределом текучести от 295 до 345 МПа необходимо проводить термообработку. В этом случае было принято решение, что допускается не производить термообработку врезок в отдельных случаях, по согласованию головной специализированной организации по сварке, так как предел текучести относится к граничным условиям.

Однако разработка нормативно-технического правового акта по проектированию стальных вертикальных резервуаров является первым шагом для разработки системы комплексной безопасности стальных резервуаров. Следующим шагом необходимо рассмотреть вопрос о поддержании надежности резервуаров в процессе строительства и эксплуатации.

Одним из нормативных документов, в котором рассмотрены вопросы надежности, является ТКП 169-2009 (09100) «Правила технической эксплуатации резервуаров для нефти и нефтепродуктов» [2] (утвержден и введен в действие приказом концерна «Белнефтехим» в 2009 году). В Правилах есть раздел, в котором приведены требования к профилактическим осмотрам резервуаров.

Так, ежедневный осмотр резервуаров обслуживающим персоналом должен производиться не реже 1 раза в сутки (смену); осмотр лицами, ответственными за безопасную эксплуатацию резервуаров, – не реже 2 раз в месяц; осмотр комиссией – не реже 1 раза в 6 месяцев.

Например, осмотр резервуаров с плавающей крышей или понтоном должен проводиться ежедневно. При этом необходимо проверять положение плавающей крыши или понтона, отсутствие видимого крена, отсутствие продукта или воды на поверхности плавающей крыши (понтон) и т.п.

Все вышеперечисленное позволяет увеличить надежность эксплуатации резервуаров и предотвратить возникновение дефектов, тем самым уменьшить вероятность появления аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и аварий в целом.

Однако, согласно литературным данным, из всех зарегистрированных случаев аварий четвертая часть выпадает на пожары и аварии, связанные с нарушением целостности резервуаров, которые возникают под воздействием внешних факторов, нарушением правил эксплуатации и возникновением дефектов в элементах конструкций резервуаров.

Стальные резервуары в отличие от аналогичных железобетонных имеют меньшую стоимость строительства и трудоемкость. Однако они сравнительно металлоемки и подвержены коррозии.

Поэтому главная задача при эксплуатации стальных резервуаров – поддержать их работоспособность, в том числе и эксплуатационную надежность.

Дефекты резервуаров, влияющие на эксплуатационную надежность стальных вертикальных резервуаров, можно классифицировать по ряду признаков. Одним из них является *классификация по времени образования*: в процессе изготовления металлопроката (делятся на дефекты образования); в процессе производства рулонных заготовок; в процессе транспортировки рулонных заготовок; в процессе монтажа, эксплуатации резервуара [3].

1. К *металлургическим дефектам* (появившимся в процессе изготовления металлопроката) относятся следующие: закаты, расслоения, неравномерное легирование, задиры, микротрещины, нарушения геометрии проката.

2. К *заводским дефектам* (появившимся в процессе производства рулонных заготовок) относят: свищи, непровары, газовые поры, микротрещины, нарушение геометрии сварного шва, шлаковые включения, смещение стыкуемых кромок, грубая чешуйчатость, кратеры, подрезы.

3. К *транспортным дефектам* (появившимся в процессе транспортировки рулонных заготовок к месту монтажа) относятся такие дефекты, как гофры на поверхности рулона, смятие части рулона, локальные вмятины на крае рулона, регулярный прогиб в продольном направлении.

4. *Монтажные дефекты* можно разделить на две подгруппы:

4.1. Дефекты сварки, к которым относятся: свищи, непровары, газовые поры, микротрещины, нарушение геометрии сварного шва, шлаковые включения, смещение стыкуемых кромок, грубая чешуйчатость, кратеры подрезы, прожоги в местах установки временных креплений и отсутствие сварных швов.

4.2. Дефекты монтажа и подготовки основания, к которым относятся: некачественная подготовка основания, жесткое закрепление шахтных лестниц, местные пластические деформации стенки, вырывы металла из полотнища при разворачивании, неубранные остатки монтажных приспособлений, сквозные пробои металлоконструкций техникой, подтягивание части окрайки к стенке РВС перед сваркой, отсутствие фундамента под задвижками, смещение стыкуемых полотнищ в вертикальной плоскости, угловатость монтажных швов.

5. *Эксплуатационные дефекты* делятся на две группы:

5.1. Коррозийные дефекты, к которым относят коррозию сварных соединений и металлоконструкций. Коррозийные дефекты по виду коррозии в свою очередь подразделяются на сплошную поверхностную коррозию, сквозную и очаговую (язвенную и питинговую).

5.2. Нарушение геометрической формы, к которым могут относиться угловые перемещения или изгиб окрайки, локальная потеря устойчивости, хлопуну стенки или днища, осадка резервуара. Осадка может быть как равномерной (по площади или периметру основания), так и неравномерной (осадка по площади, по периметру основания, крен).

По первым трем позициям дефекты устраняются после обнаружения при изготовлении металлоконструкций резервуара на производстве либо выбраковываются.

Наиболее опасными являются монтажные дефекты, появившиеся при некачественном монтаже резервуаров на площадке и не выявленные в процессе контроля при сооружении и эксплуатационные (появившиеся, в том числе, и в процессе монтажа).

К наиболее часто встречающимся дефектам относятся:

- дефекты монтажных сварных швов;
- вырывы металла и остатки при варке монтажных приспособлений на первом поясе стенки;
- сквозные отверстия в настиле крыши;
- неравномерная осадка РВС;
- угловатость монтажных швов;
- недопустимые отклонения от вертикали;
- хлопуну на днище;
- хлопуну на стенке РВС, вмятины и выпучины;
- коррозионные повреждения утора и первого пояса стенки;
- коррозионные повреждения окрайков;
- коррозионные повреждения полотнища днища.

Перечисленные дефекты также можно классифицировать по конструктивным элементам резервуара:

- основание;
- днище;
- окрайки днища;
- стенка;
- крыша;
- другие элементы (лестница, понтоны).

В зависимости от конструктивного элемента и вида дефектов разрабатываются карты примерных исправлений дефектов в стальных резервуарах.

**Выводы:**

Подход с использованием разработанных карт позволяет уменьшить трудоемкость и себестоимость процессов устранения дефектов и обеспечить работоспособность и надежность резервуаров.

Для систематизации процесса ремонта резервуаров должен быть разработан соответствующий ТНПА. Несмотря на то, что такого рода документы существовали в СССР и частично заменены в Беларуси на локальные, они не отвечают современным нормативным требованиям, в том числе Евросоюза, технологиям и применяемым материалам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарт организации. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов: СТО-СА-03-002-2009.
2. Правила технической эксплуатации резервуаров для нефти и нефтепродуктов: ТКП 169-2009 (09100).
3. Алиев, Р.А. Сооружение газонефтепроводов, газохранилищ и нефтебаз / Р.А. Алиев, И.В. Березина, Л.Г. Телегин. – М.: Недра, 1987.

*Поступила 18.04.2012*

#### THE COMPLEX SAFETY OF STEEL RESERVOIRS OF OIL AND MINERAL OIL

*L. SPIRIDYONOK, A. BONDARCHUK*

*The main reason of accidents is a great physical weariness of tank farm as a result of reservoir lifetime. That is why the question of reliability and safety of reservoir park is paid a large attention from bodies of Governmental supervision in industrial, fire and ecological safety. Safety as a part of complex safety of steel reservoirs is provided on the first stage or on stage of construction and further on the stage of maintenance. The most important element of complex safety and reliability on the stage of maintenance is repairing of steel reservoirs. The schemes of repairing of steel reservoirs depend on constructive elements and kind of defects. This approach allows to reduce laboriousness and cost price of repairing and provide operability and reliability of reservoirs.*