

About the authors:

SIZOV Yuri Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: uvsizov1961@yandex.ru

DMITRIEV Ivan Aleksandrovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: IvanDmitriev22@yandex.ru

УДК 658.8:621.642-034.14

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА С ПОНТОННОЙ КРОВЛЕЙ**

**Ю.Н. Москвина, А.А. Мельников**

© Москвина Ю.Н., Мельников А.А., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные типы повреждений, характерных для вертикальных стальных резервуаров, а также технологии проведения ремонтных работ. Проанализированы современные методы диагностики состояния резервуаров и оценки их несущей способности.*

***Ключевые слова:** ремонтно-восстановительные работы, резервуар, понтон, коррозия, ультразвуковая дефектоскопия, технология.*

Вертикальные стальные резервуары (ВСР) с понтоном играют ключевую роль в хранении жидких углеводородов и других опасных веществ. Их конструкция обеспечивает высокую надежность, однако, как и любая техническая установка, резервуары подвергаются различным повреждениям и износу. Ремонтно-восстановительные работы (РВР) требуют внимательного подхода, учета специфики конструкции и соблюдения промышленных стандартов, что позволит обеспечить безопасность и долговечность эксплуатации резервуара.

Вертикальные стальные резервуары работают с агрессивными средами, поэтому необходимо использование противокоррозионной защиты. Из-за коррозии металла происходит около 90 % всех аварий и отказов. Таким образом, противокоррозионная защита и величина припуска на коррозию стенки приобретают наибольшую эффективность при обеспечении долговечности конструкции. Это в значительной мере определяет уровень надежности резервуара [1].

Дефекты, возникающие при эксплуатации ВСР с понтоном, дифференцируются следующим образом:

1) связанные с нарушением геометрии резервуара, среди которых вмятины и выпучины на поверхности резервуара; угловатость сварных швов его стенки; отклонения образующих стенки от вертикали и отклонения контура днища от горизонтали; осадка основания ВСР; так называемые хлопуны, т.е. растянутые участки, на которых днище резервуара прогибается при изменении нагрузки; изгиб окраек днища и некоторые другие;

2) возникающие непосредственно на металлических конструктивных элементах: коррозия и различные виды механических повреждений, таких как царапины, поверхностные задиры, вырывы, а также различные расслоения, в том числе в виде трещин, и дефекты сварных соединений (непровары, нарушения однородности металла (несплошности) и др.);

3) обусловленные наличием недопустимых конструктивных элементов, т.е. элементов или соединительных деталей, которые не отвечают требованиям действующих в настоящее время нормативно-технических документов [3].

Диагностирование каждого резервуара выполняется согласно «Положению о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов», разработанному на основании Протокола заседания коллегии Госгортехнадзора России от 01.11.1994 № 25 [1] и Постановления Госгортехнадзора России от 04.05.1995 № 23 [2], а также в соответствии со СНиП III-18-75 [3] (в части изготовления конструкций), СНиП 3.03.01-87 [4] и «Правилами технической эксплуатации резервуаров и инструкциями по их ремонту» 1988 г. [5].

Под техническим диагностированием понимается комплекс работ, включающий подготовку, натурное обследование элементов конструкции, оценку технического состояния и составление технического заключения о возможности дальнейшей эксплуатации резервуара. Целью диагностирования является своевременное обнаружение дефектов, снижающих эксплуатационную надежность резервуара [2].

Выявленные дефекты устраняются в процессе РВР, которые проводятся в несколько этапов.

**Подготовительный этап.** В этот период проводится диагностика состояния резервуара, которая включает визуальный осмотр, а также использование неразрушающих методов контроля, таких как ультразвуковая дефектоскопия. Ультразвуковой контроль сварных соединений и вихретоковый контроль сварных швов позволяют провести полную диагностику сварных соединений без использования дорогостоящих методов неразрушающего контроля качества сварных швов, таких как

рентгенографический, гаммаграфический, магнитопорошковый или капиллярный [2].

Химический состав стали определяется стандартными методами аналитического или спектрального анализа, обеспечивающими точность, необходимую для установки марки стали.

Для отбраковки легированных сталей может применяться стилоскопирование переносными приборами. Измерение твердости производится на специально вырезанных и подготовленных образцах.

**Планирование работ.** На основе результатов диагностики разрабатывается план РВР, который включает выбор необходимых материалов, технологий и оборудования. Для ремонта резервуаров существует программа технического диагностирования, включающая в себя ряд аспектов:

анализ технической документации на резервуар, проверку монтажной, эксплуатационной документации, сведений о ремонтах и реконструкции, ознакомление с результатами технических освидетельствований и испытаний резервуара;

функциональную диагностику с целью контроля соответствия системы автоматизации требованиям правил устройства и безопасной эксплуатации;

приборное и инструментальное обследование и диагностику резервуара снаружи, а также внутренний осмотр, оценку его технического состояния;

диагностику состояния основания, отмостки, шахтных лестниц резервуара;

изучение и анализ результатов диагностических обследований;

расчетно-экспериментальную оценку прочности и надежности резервуара;

проведение гидравлических испытаний резервуара (наливом);

определение остаточного ресурса резервуара с принятием решений о дальнейшей эксплуатации, необходимости и объемах ремонтных работ, продлении срока службы [2].

**Организация рабочего процесса.** На этом этапе определяют необходимые материалы, оценивают затраты, назначают ответственных за выполнение работ.

**Выполнение ремонтных работ.** Проводятся РВР согласно действующим нормам и включают следующие этапы:

1. Обезвреживание и подготовка резервуара. Перед началом работ резервуар должен быть опорожнен, промыт и подготовлен для выполнения ремонтных операций. Удаляются остаточные жидкости и очищается внутренняя поверхность конструкции.

2. Устранение коррозии и повреждений. Все повреждения металлических частей необходимо обработать, удалить коррозию,

применяя механические, химические и электрохимические методы. Защиту от коррозии рекомендуется осуществлять путем применения систем лакокрасочных или металлизационно-лакокрасочных антикоррозионных покрытий, а также использования электрохимических способов. Для защиты резервуаров от коррозии применяются эпоксидные, двухкомпонентные полиуретановые, однокомпонентные полиуретановые влагоотверждаемые покрытия [6]. Наружные поверхности резервуаров, находящиеся на открытом воздухе, должны быть защищены антикоррозионными покрытиями на основе лакокрасочных материалов светлого тона с высокой светоотражательной способностью (не менее 98 %). Применяемые песок и битум не должны содержать коррозионно-активных агентов [7]. В целях активной защиты резервуара от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами рекомендуется применение электрохимической защиты. Электрохимическая защита наружной поверхности днища, а также внутренних поверхностей днища и нижнего пояса стенки в зоне контакта с донным осадком и слоем подтоварной воды осуществляется установками протекторной защиты или установками катодной защиты [4].

3. Замена поврежденных элементов. В случае серьезных повреждений может потребоваться частичная или полная замена элементов конструкции. Элементы внутри резервуара, привариваемые к стенке, днищу или крыше, а также элементы, находящиеся на открытом воздухе, при среднеагрессивном воздействии окружающей среды должны быть обварены по контуру для исключения образования зазоров и щелей [4].

4. Восстановление понтона. Понтон требует особого внимания, так как от его состояния зависит безопасность хранения. Восстановление может потребовать не только замены поврежденных секций, но и обновления покрытия, предотвращающего коррозию.

5. Тестирование систем. После выполнения всех восстановительных работ необходимо провести тестирование систем управления и контроля, а также проверить герметичность резервуара.

Все резервуары со стационарной и плавающей крышей должны быть подвергнуты гидравлическому испытанию. Резервуары со стационарной крышей без понтона, эксплуатируемые с установленными на крыше дыхательными клапанами, должны быть испытаны на внутреннее избыточное давление и вакуум. Испытание резервуаров проводят после окончания всех работ по монтажу и контролю, перед присоединением к резервуару трубопроводов (за исключением временных трубопроводов для подачи и слива воды для испытаний) и после завершения работ по обвалованию [1]. Гидравлическое испытание следует проводить наливом воды на проектный уровень залива продукта или до уровня контрольного отверстия, которое предусмотрено в целях ограничения высоты

наполнения резервуара. Резервуар считается выдержавшим гидравлическое испытание, если в течение нормативного времени на поверхности стенки или по краям днища не появляются течи и если уровень воды не снижается. После окончания гидравлических испытаний в залитом до проектной отметки водой резервуаре производят замеры отклонений образующих от вертикали, замеры отклонений наружного контура днища для определения осадки основания (фундамента) [2].

Таким образом, для обеспечения надежности хранения углеводородов, безотказной и безаварийной работы ВСР с понтонной кровлей актуальной задачей является эффективное проведение работ по ремонту и восстановлению конструкций. Для этого требуется вывести объект из эксплуатации, провести комплекс дорогостоящих подготовительных работ, обеспечить доступ ко всем конструктивным элементам резервуаров. Данные мероприятия требуют комплексного подхода, высокой квалификации специалистов и соблюдения всех норм безопасности. Диагностика, грамотное планирование и выполнение работ позволят сократить их сроки, снизить стоимость и обеспечить необходимое качество резервуаров.

#### **Библиографический список**

1. Гомонов Д.В. Увеличение сроков эксплуатации резервуаров вертикальных стальных // Вестник магистратуры. 2018. № 7 (82). С. 42–43.
2. Маяков Г.С., Клепиков С.И. Краткая комплексная техническая диагностика резервуара с плавающей крышей // Научный журнал. 2020. № 3 (48). С. 13–17.
3. Характерные дефекты и повреждения, снижающие эксплуатационную надежность стальных вертикальных резервуаров / С.Г. Абрамян [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3.
4. Малин А.Д. Резервуары вертикальные стальные, обеспечение надежности РВС в эксплуатации // Наука, образование и культура. 2018. № 2 (26). С. 12–16.
5. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. Способы очистки и предотвращения донных отложений в резервуарах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов: сборник научных трудов. 2003. № 62. С. 187–198.
6. Лебедев Г.К., Колесников В.Г. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. М.: Недра, 1988. 268 с.
7. Спириденко Л.М., Бондарчук А.И. Комплексная безопасность стальных резервуаров нефти и нефтепродуктов // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. № 8. 2012. С. 99–102.

## FEATURES OF EXECUTING REPAIR WORK TO RESTORE A VERTICAL STEEL TANK WITH A PONTON ROOF

**Yu.N. Moskvina, A.A. Melnikov**

***Abstract.** This article examines the main types of damage typical for vertical steel tanks, as well as repair technologies. Modern methods for tank diagnostics and load-bearing capacity assessment are analyzed.*

***Keywords:** repair and restoration work, tank, pontoon, corrosion, ultrasonic flaw detection, technology.*

Об авторах:

МОСКВИНА Юлия Николаевна – кандидат философских наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: julim@yandex.ru

МЕЛЬНИКОВ Артем Александрович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Neryose@yandex.ru

About the authors:

MOSKVINA Yulia Nikolaevna – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

MELNIKOV Artem Alexandrovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Neryose@yandex.ru

УДК 699.865

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕКРЫТИЯ С ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ НАПОЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

**Д.В. Тараненко, А.М. Жжонных**

© Тараненко Д.В., Жжонных А.М., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена анализу тепловых характеристик композитной конструкции перекрытия с теплоаккумулирующим материалом посредством моделирования теплопередачи с изучением особенностей динамики фазовых переходов во время циклов накопления и отдачи тепла. Предварительные результаты показывают, что*