

УДК 624.953-252.1

ББК 38.728

В 88

*Бу Ле Куен, аспирант Ростовского государственного строительного университета;*

*Блягоз Алик Моссович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин технологического факультета Майкопского государственного технологического университета, e-mail: [alfa-maikop@yandex.ru](mailto:alfa-maikop@yandex.ru)*

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВУАРЫ**

(рецензирована)

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и исследованием новой конструкции вертикальных цилиндрических резервуаров, повышением устойчивости и упрощением их конструкции, увеличением объема хранимой в них жидкости.*

*Ключевые слова: резервуар, комплексные материалы, многослойные стены, преднапряженные оболочки, разномодульные оболочки.*

*Vu Le Quen, post graduate student of Rostov State University of Civil Engineering;*

*Blyagoz Alec Mossovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Construction and General Professional Disciplines of the Technological Faculty of Maikop State Technological University, e-mail: [alfa-maikop@yandex.ru](mailto:alfa-maikop@yandex.ru)*

## **EFFECTIVE ASSEMBLY SOLID VERTICAL CYLINDRICAL TANKS** (reviewed)

*The article discusses issues related to the development and research of new design of vertical cylindrical tanks, and issues related to the increasing the stability and simplification of their design, and increasing the volume of fluid stored in them.*

*Keywords: tank, complex materials, multi-layer walls, pre-stressed shells, different module shells.*

Зависимость и потребность в нефти и нефтепродуктах увеличивается каждый год. Это неизбежно ведет к развитию инфраструктуры для производства, переработки, хранения и транспортировки этого ресурса. В связи с чем возникает необходимость в возведении новых эффективных резервуаров большого объема для хранения нефтепродуктов, которые позволили бы снизить затраты на строительство и последующую эксплуатацию, и при этом отвечали бы все более ужесточающимся требованиям норм по пожарной безопасности.

На данный момент в мировой практике наиболее распространены резервуары из металлических и железобетонных конструкций. Однако, такие резервуары имеют ряд ограничений в эксплуатации, так для металлических резервуаров проблемными моментами являются невысокая устойчивость стенки, подверженность коррозии, сравнительно малая огнестойкость и большой расход материала. Для железобетонных - трещинообразование, водонепроницаемость, морозостойкость, особенно в условиях крайнего севера.

В нормах проектирования предусмотрены достаточно высокие требования к перечисленным характеристикам резервуаров из обоих видов материалов, что ведет, порой, к дополнительным мероприятиям по усилению и доработке конструкций и, соответственно, к дополнительным тратам.

Российскими и зарубежными учеными уже давно ведется работа по созданию резервуаров из комплексных материалов, которые сохраняли бы положительные характеристики металлических и железобетонных резервуаров и устраняли бы их недостатки.

Один из первых примеров такой конструкции резервуара был предложен в США [1]. Резервуар с многослойной стенкой, включающий внутреннюю металлическую оболочку, теплоизоляционный материал и наружную монолитную бетонную оболочку (рис.1).

Данный резервуар состоит из внутренней металлической оболочки - 1, теплоизоляционного материала - 2, внешней монолитной железобетонной оболочки – 3.

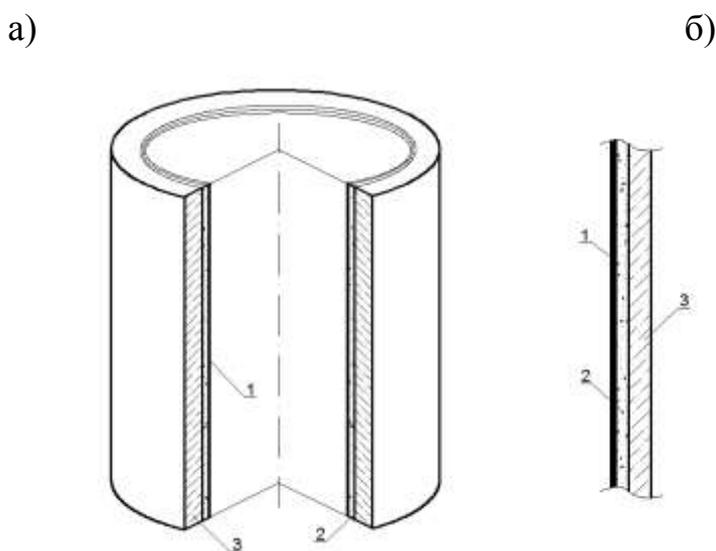


Рис. 1. Сечение резервуара (а), фрагмент сечения стенки резервуара (б)

Внутренняя металлическая оболочка и арматура железобетонной оболочки являются основными несущими элементами резервуара, воспринимающими растягивающие усилия.

К достоинствам данной конструкции можно отнести то, что бетон внешней оболочки защищает металлический слой и арматуру от коррозии, обеспечивает устойчивость стенки и повышает огнестойкость резервуара. За счет того, что бетон обжимает металлическую оболочку, ее жесткость увеличивается, благодаря чему толщина металлической оболочки по всей высоте резервуара остается постоянной, что ведет к существенной экономии металла.

Вместе с тем кроме отмеченных достоинств данный резервуар также имеет ряд недостатков. Они заключаются в сложности возведения конструкции, необходимости устройства внешней опалубки для создания железобетонной оболочки и сложности расчета конструкции. Так же в данной конструкции никак не учитывается эффект проскальзывания слоев относительно друг друга. Кроме того, такой резервуар предназначен для хранения малого объема продукта, так как конструкция стенки не способна воспринимать большие растягивающие усилия.

Еще один резервуар с многослойной стенкой [2], включает в себя внутреннюю герметизирующую металлическую оболочку и наружную несущую сборную преднапряженную оболочку, состоящую из железобетонных блоков (рис.2).

Данный резервуар состоит из внутренней металлической оболочки - 1, внешней сборной железобетонной оболочки - 2, арматурных стержней - 3.

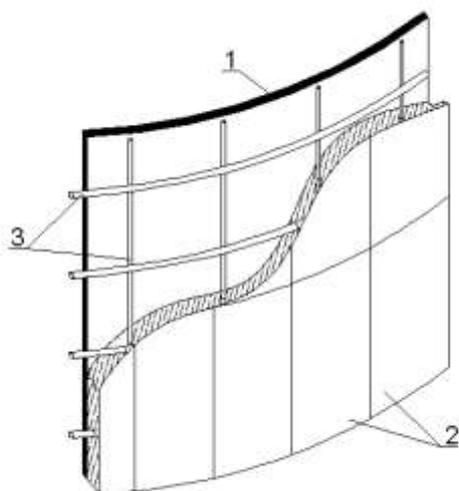


Рис. 2. Фрагмент стенки резервуара из сборных железобетонных блоков

Как и в первом примере в этом резервуаре внутренняя металлическая оболочка и арматура сборной железобетонной оболочки являются основными несущими элементами резервуара, воспринимающими растягивающие усилия.

Отличительной особенностью данного резервуара является внешняя железобетонная оболочка, которая выполняется сборной преднапряженной из отдельных бетонных блоков. В каждом блоке имеются вертикальные и горизонтальные каналы по всей длине блока, через которые для состыковки блоков и дальнейшего преднапряжения оболочки пропускают объединяющую арматуру. Такое решение позволяет внешней оболочке воспринимать большие растягивающие усилия, благодаря чему возможно возводить резервуары большего объема.

Данная конструкция имеет все положительные качества резервуара описанного в первом примере, в дополнении к этому получена возможность увеличения объема резервуара, устранена необходимость применения опалубки для создания внешней оболочки.

Основным недостатком описанной конструкции является периферийное армирование, предопределяющее большую деформативность, трудность создания преднапряжения во внешней оболочке и большую трудоемкость работ.

Интересно конструктивное решение резервуара с многослойной стенкой [3], включающего внутреннюю герметизирующую металлическую оболочку, наружную несущую оболочку из соединенных между собой арочных элементов. Пространство между внутренней и внешней несущими оболочками может быть заполнено тампонирующим материалом (рис.3).

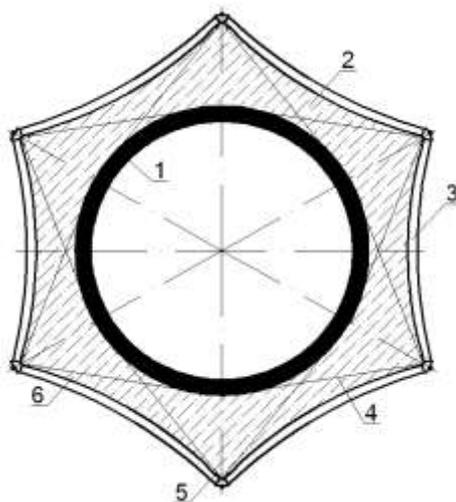


Рис. 3. Поперечный разрез резервуара

Данный резервуар состоит из внутренней металлической оболочки - 1, дополнительной внутренней несущей оболочки - 2, внешней сборной железобетонной оболочки - 3, парных стержней напрягаемой арматуры - 4, внутренних анкеров - 5, тампонирующим материалом - 6. В представленной конструкции резервуара внутренняя металлическая оболочка и внешняя сборная железобетонная оболочка являются несущими элементами. В пространство между оболочками нагнетается бетонная смесь, которая после набора прочности становится дополнительным несущим слоем. Внешняя железобетонная оболочка выполнена сборной из арочных элементов без преднапряжения. Арочные элементы устанавливаются вогнутой стороной внутрь, для лучшего восприятия гидростатического давления, передаваемого через металлическую оболочку и тампонирующий слой. В местах соединения арочных элементов закреплены напрягаемые парные арматурные стержни, обжимающие дополнительную оболочку и стягивающие арочные элементы. Соединение арочных элементов происходит путем сваривания арматурных выпусков, с дальнейшим замоналичиванием стыков.

Положительные стороны данной конструкции заключаются в следующем: благодаря введению дополнительной несущей оболочки и парных напрягаемых арматурных стержней, обжимающих ее, увеличилась надежность резервуара, а также увеличилась огнестойкость конструкции; арочные элементы благодаря кривизне лучше воспринимают давление, передающееся на них; отсутствует периферийное армирование, что упрощает монтаж резервуара;

К недостаткам можно отнести следующее: отсутствует преднапряжение в конструкциях, что не позволяет применять данный резервуар для хранения большого объема сырья; арочные элементы внешней железобетонной оболочки имеют особую форму и достаточно большой размер, что потребует от завода производителя дополнительные ресурсы, так же при необходимости арочный элемент не возможно заменить железобетонным элементом другой формы; форма внешней железобетонной оболочки не позволит в случае ремонта произвести усиление по кругу современными технологиями с применением полимерных материалов.

Приведенные примеры резервуаров из комплексных материалов позволяют сделать вывод, что на данный момент пока еще нет оптимальной конструкции, которая отвечала бы всем требованиям по надежности и экономичности.

В связи с вышеизложенным, целью проводимого в РСГУ исследования являлось разработка и исследование новой конструкции вертикального цилиндрического резервуара, которая позволит устранить недостатки предыдущих разработок, повысить устойчивость и упростить конструкцию резервуара, увеличить объем хранимой жидкости.

Обозначенные цели достигаются тем, что внешняя железобетонная оболочка предлагаемого резервуара выполняется разномодульной, при этом внутренняя несущая герметизирующая металлическая оболочка и внешние несущие сборные железобетонные панели используются как несъемная опалубка, которая заполняется разномодульным напрягающим бетоном, обеспечивающим равнопрочную по толщине стенку и создающим необходимое преднапряжение как внешней, так и внутренней оболочек.

Технический результат заключается в том, что применение железобетонных панелей вкупе с напрягающим бетоном увеличивают устойчивость стенки внутренней металлической оболочки, что позволяет возводить резервуары большого объема. Железобетонные панели и напрягающий бетон защищают внутреннюю металлическую оболочку от коррозии и повышают огнестойкость резервуара, что положительно для конструкции, ввиду, постоянного ужесточения норм пожарной безопасности.

Сущность предлагаемой конструкции поясняется чертежами, где на рис. 4 изображены поперечный разрез, предлагаемого корпуса резервуара а), фрагмент оболочки резервуара б).

Сборно-монолитный корпус резервуара состоит из внутренней несущей герметизирующей металлической оболочки 1, разномодульного напрягающего бетона 2 и 3, внешней несущей оболочки из сборных модульных железобетонных панелей 4, разделительной сетки 5, стальных канатов 6.

Железобетонные панели 4 соединяются друг с другом в вертикальном направлении в паз при помощи стальных канатов 6 проходящих через полусферические каналы в панелях по всей высоте конструкции, в горизонтальном направлении соединение происходит путем сваривания арматурных выпусков из панелей с дальнейшим бетонированием пространства между панелями.

Пространство между внутренней металлической оболочкой и внешней железобетонной оболочкой заполняется разномодульным напрягающим бетоном 2 и 3. Разделительная сетка 6 препятствует смешиванию бетона при подаче его в конструкцию. При наборе прочности бетон расширяется, создавая напряжение в оболочках 1 и 4.

Внешние железобетонные панели 4 со стороны прилегания к металлической обойме на заводе обрабатываются пескоструйной машиной с целью создания дополнительной шероховатости поверхности для их лучшего сцепления с напрягающим бетоном 2 и 3. Такое решение позволяет уйти от использования различных анкерных устройств для соединения внутренней и внешней несущих оболочек, что, в свою очередь, позволяет ускорить возведение конструкции в целом.

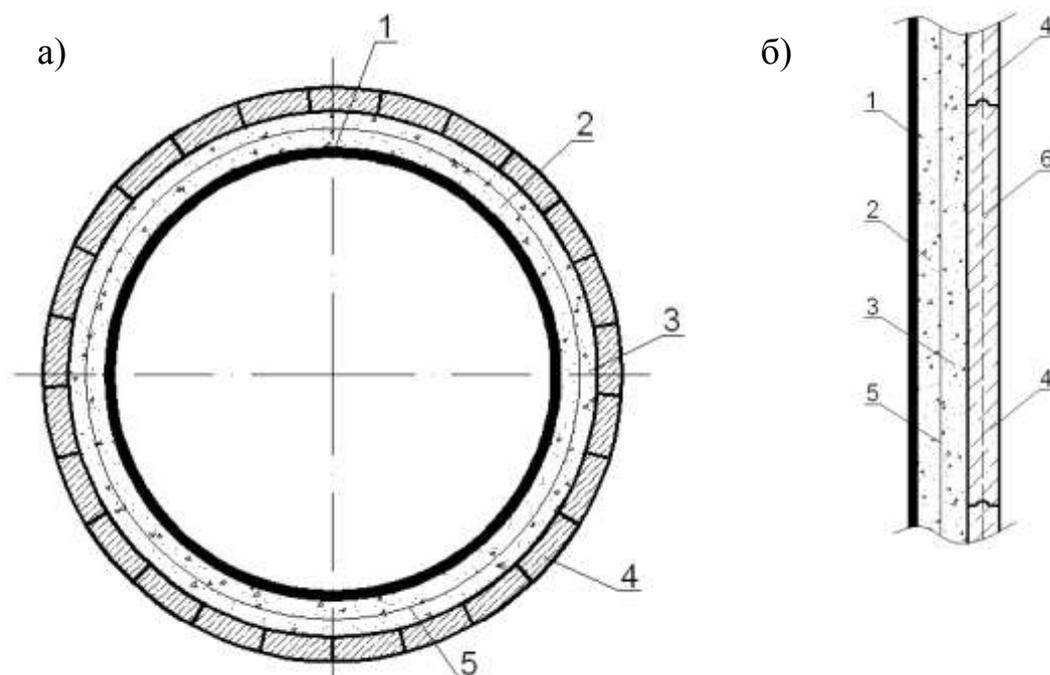


Рис. 4. Поперечный разрез резервуара (а), фрагмент оболочки резервуара (б)

По сравнению с уже существующими решениями предлагаемый цилиндрический резервуар экономически более выгоден, так как его можно использовать для хранения больших объемов жидкостей, сроки возведения у предлагаемого резервуара меньше по сравнению с существующими решениями. Такие резервуары имеют высокую огнестойкость, что позволяет возводить их на небольшом расстоянии друг от друга, что экономит пространство, а так же технологические мощности производства.

На кафедре железобетонных и каменных конструкций Ростовского государственного строительного университета запланировано исследование предложенной конструкции сборно-монолитного вертикального цилиндрического резервуара.

#### **Литература:**

1. Патент США 3464175, по кл. 52249 от 26 мая 1966 г.
2. Авторское свидетельство СССР № 310464, кл С 21 С 13/08, 1968 г.
3. Авторское свидетельство СССР № 310464, кл E04H7/02, 1976 г.

#### ***References:***

1. *U.S. Patent 3464175, for cl. 52 249 from May 26, 1966.*
2. *USSR Author's Certificate № 310 464, Class C 21 C 13/08, 1968.*
3. *USSR Author's Certificate number 310 464, cl E04H7/02, 1976.*