

УДК 614.8.084

**К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ  
СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ**

**Диденко Л.М., к.т.н., проф., Рыбалка Е.А., к.т.н., доц.**

*Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» Институт непрерывного специального образования, г.Днепропетровск, Украина*

Проблема. Отрасль строительства и производства строительных материалов Украины является одной из опаснейших по риску возникновения несчастных случаев на производстве.

По данным Государственной службы горного надзора и промышленной безопасности Украины, на предприятиях отмеченной отрасли за 2005-2011 гг. выявлено 5808 несчастных случаев, из них 744 - со смертельным случаем и 135 профессиональных заболеваний. Анализ состояния промышленной безопасности в Украине свидетельствует, что в 2012 году количество несчастных случаев со смертельным случаем в строительстве уменьшилось на 19 (58, было 77 в 2011 году) с дальнейшим снижением в нынешнем году.

Частично это связано с падением объемов производства, а следовательно - уменьшением неблагоприятных производственных факторов, которые влияют на работающих, и сокращением численности последних, а также увеличением количества частных предприятий, где, как правило, случаи травматизма на предприятии скрываются.

Так, в Украине за 2013 г. выполнение строительных работ сократилось сравнительно с аналогичным периодом в 2012 г. на 17,8% - до 18,2 млрд. грн. о чем свидетельствуют данные Государственной службы статистики Украины. Новое строительство, реконструкция и техническое перевооружение составили 83,7% от общего объема выполненных строительных работ, капитальный и текущий ремонт - 8,8% и 7,5% соответственно.

Среди объектов нового строительства, а также тех, которые нуждаются в реконструкции или капитальном ремонте можно отметить промышленные здания (одноэтажные и многоэтажные резервуары), а также специальные сооружения, среди которых особое место занимают те, которые эксплуатируют для хранения нефти и нефтепродуктов, агрессивных химических веществ, сжиженных газов, воды и др. Строительство и реконструкция данных объектов связана с опасностью возникновения аварий и несчастных случаев.

Актуальность. В настоящее время в Украине, России и странах СНГ в эксплуатации находится более 40 тысяч вертикальных и горизонтальных цилиндрических резервуаров емкостью от 100 до 50000 м<sup>3</sup> для хранения агрессивных химических веществ, нефтепродуктов и других жидкостей, более 2000 паровых резервуаров емкостью от 600 до 2000 м<sup>3</sup> для хранения сжатых и сжиженных газов под давлением и температуре окружающей среды, более 60 изотермических резервуаров емкостью от 5000 до 30000 м<sup>3</sup> для хранения сжиженных газов при пониженных температурах [1].

Возведение этих сооружений, как правило, осуществляется в условиях значительной стесненности и связано с наличием ряда вредностей и опасно-

стей, а их эксплуатация и реконструкция (ремонт) зачастую приводит к возникновению нестандартных аварийных ситуаций.



Фото 1. Строительная площадка при возведении стального цилиндрического резервуара

В мировой практике вопросам резервуаростроения уделяется достаточно много внимания и связано это, прежде всего, с тем, что резервуары для нефти и нефтепродуктов (фото 1) представляют собой весьма ответственные инженерные сооружения, авария которых может привести к экономическому и экологическому ущербу, несоизмеримому со стоимостью самого сооружения.

Как показывает практика, аварии вертикальных цилиндрических резервуаров, как наиболее распространенных, в большинстве случаев сопровождаются значительными потерями нефтепродуктов, загрязнением местности и гибелью людей.

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

Поэтому вопрос надежности резервуаров, а также безопасности выполнения строительных работ при их возведении, является объектом постоянного внимания органов Государственного надзора в части промышленной, пожарной и экологической безопасности.

**Цель исследований.** Выполнить анализ причин травматизма при возведении стальных вертикальных резервуаров и разработать рекомендации по предотвращению возникающих травмоопасных и аварийных ситуаций на строительной площадке при их монтаже и реконструкции.

**Методика исследований.** Современные конструкции сварных вертикальных резервуаров, как за рубежом, так и на территории Украины возводят тремя основными методами:

- методом наращивания поясов (полистовой метод);
- методом подрачивания поясов (полистовый метод);
- методом рулонирования.
- комбинированным методом.

При использовании метода полистовой сборки резервуаров соблюдается очередность технологических операций, при котором все элементы сначала устанавливаются в нужном положении, затем скрепляются временными креплениями. И уже после установки конструктивного элемента или его части производится окончательная сварка. Метод полистовой сборки резервуаров можно выполнять двумя способами: способ наращивания поясов и способ подращивания поясов. Способ наращивания поясов наиболее распространен при возведении новых резервуаров, чаще всего предусматривает полную автоматизацию сварочных работ, но не исключает применение и ручной сварки элементов корпуса резервуара. При применении этого метода имеет место отсутствие защиты от атмосферных воздействий, а при монтаже резервуаров с неподвижной кровлей, возникает необходимость монтажа конструкции кровли на значительной высоте, что особенно сложно при монтаже резервуаров большой вместимости, следовательно, и больших габаритов в плане. Устройство днища резервуара, как правило, осуществляется также полистово.

Метод подращивания поясов требует использования специального оборудования для подъема конструкции кровли и поясов стенки. Достоинством этого метода является возможность монтажа целой конструкции кровли и верхних поясов стенки на уровне земли и в условиях значительной стесненности строительной площадки. Однако, для этого метода характерно увеличение сварочных работ, выполняемых вручную и полуавтоматическим способом.



Фото 2. Возведение резервуара методом рулонирования

Метод рулонирования предполагает сворачивание в рулоны в заводских условиях полотнищ, собранных из отдельных листов, фото 2. Преимущество этого метода заключается в сведении к минимуму сварочных работ на строительной площадке, т. к. большая часть этих работ выполняется в заводских условиях. На строительной площадке выполняется только вертикальный монтажный стык стенки, а также стык по контуру, соединяющий стенку с днищем.

Кроме того, примерно в 3 – 4 раза сокращается время монтажа резервуара по сравнению с полистовой сборкой.

Среди недостатков этого метода можно отметить то, что монтажный шов замыкается ручной сваркой, часто имеет геометрические угловые несовершенства, обусловленные рядом причин, таких как сварочные напряжения, повреждения кромок при транспортировке и разворачивании рулонов и прочее. Это негативно влияет на долговечность резервуаров, так как при многократном наполнении-опорожнении резервуаров на стыке развиваются трещины от усталости, которые могут привести к разрушению стенки резервуара.

Днище резервуара при этом способе устраивается как методом рулонирования, так и полистовым. При возведении цилиндрических резервуаров методом рулонирования наиболее опасной технологической операцией является процесс разворачивания рулонов (как при горизонтальном, так и вертикальном).

При выполнении монтажных работ в стесненных условиях, на территории действующего промышленного предприятия (фото 3), где из-за наличия различных препятствий (в виде сетей, сооружений и т.д.) нет возможности выполнить разворачивание рулона при помощи трактора-тягача, перемещающегося по периметру возводимого резервуара, наиболее приемлемой схемой является разворачивание рулона трактором с использованием однорольного блока, канатом с тяговой скобой, привариваемой к рулону на высоте 500 мм от днища с применением монтажной скобы «АКИМ» (фото 4).



Фото 3. Возведение вертикальных стальных резервуаров в стесненных условиях



Фото 4. Разворачивание рулона с использованием однорольного блока и монтажной скобы

В этом случае, по мере разворачивания рулона на длину витка, тяговую скобу отламывают и приваривают к полотнищу для последующего выполнения процесса разворачивания, а тяговый трос переставляют поочередно, закрепляя его через однорольный блок к монтажным скобам конструкции «АКИМ», установленных с определенным шагом по периметру фундамента.

Несмотря на то, что процесс монтажа стальных резервуаров сопровождается четким выполнением технологической последовательности выполнения работ, ему характерно наличие работ повышенной опасности, которые сопровождаются рядом факторов, наиболее влияющих на показатели производственного травматизма.

К ним, прежде всего, относятся: осуществление монтажа резервуаров вертикальных стальных рабочими-монтажниками с элементов значительной массы; работа на значительной высоте (фото 5, 6) в силу рода причин подъема без инвентарных ограждений; использование самых различных видов монтажных приспособлений; производство работ по соединению монтажных узлов при помощи болтов или электросварки; необходимость эксплуатации машин и механизмов (монтажных мачт, порталов, различных подъемников и грузоподъемных кранов); наличие работ, которые сопровождаются различными производственными вредностями и опасностями (опрокидывание машин и механизмов, падение конструкций, предметов с высоты и т.п.).

Применение монтажных подмостей, правильный выбор монтажных механизмов увеличивает стоимость монтажных работ, однако приводит к экономической эффектности всего монтажа, и создает безопасные условия труда монтажников.



Фото 5. Выполнение сварочных работ с инвентарных передвижных подмостей



Фото 6. Выполнение окрасочных работ с люльки

Учитывая, что монтаж отдельных элементов и конструкций резервуаров осуществляется в большей части на значительной высоте, при весьма не простых условиях, весьма важное значение приобретает необходимость обеспечения безопасности ведения монтажных сборочных и сварочных работ.

Использование инвентарных монтажных подмостей, приспособлений для временного закрепления конструкций, универсальных современных монтажных механизмов и грузоподъемных устройств, несмотря на значительные затраты на их изготовление и эксплуатацию, приводит в целом к повышению безопасности труда рабочих участвующих в технологическом процессе и является экономически эффективно для возведения резервуаров.

Сравнение статистических материалов по травматизму при возведении резервуаров различных конструкций свидетельствует, что к основным видам событий, которые приводят к несчастным случаям со смертельным исходом относятся: падение с высоты; падение, обрушение предметов, материалов;

дорожно-транспортные происшествия; воздействие движущихся частей машин, механизмов и используемого оборудования; поражение электрическим током.

Подавляющее большинство этих несчастных случаев происходят в связи с неудовлетворительной организацией выполнения работ повышенной опасности (без наличия проектов производства работ, технологических карт), не использования ограждений рабочих мест, средств подмащивания и средств индивидуальной и коллективной защиты, а также инженерных решений по применению монтажной оснастки.

С целью выяснения объективных данных по наличию опасностей и вредностей, сопровождающих технологические процессы возведения резервуаров различными методами, было проведено исследование. Для этого в качестве показателя уровня опасности [5] характерного для каждого метода возведения резервуара был предложен авторами коэффициент уровня опасности  $K_{yo}$ , который определяется из выражения:

$$K_{yo} = \frac{\sum O_c + \sum B_c}{\sum O + \sum B},$$

где  $\sum O_c$  - фактическое количество опасностей сопровождающих выполнение работ по возведению резервуаров соответствующим методом;

$\sum B_c$  - фактическое количество вредностей сопровождающих выполнение работ по возведению резервуаров соответствующим методом;

$\sum O$  - общее количество опасностей согласно их классификации по ССБТ. ГОСТ 12.0.003-74\*;

$\sum B$  - общее количество опасностей согласно их классификации по ССБТ. ГОСТ 12.0.003-74\*.

Результаты проведенного исследования представлены на рис. 1.

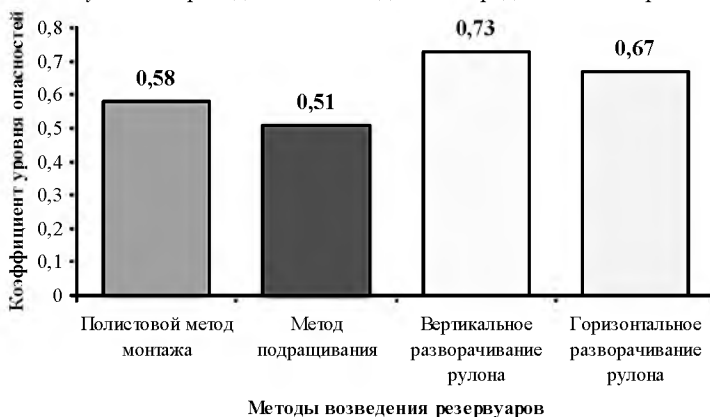


Рис.1. Гистограмма значений уровня опасностей  $K_{yo}$  в зависимости от метода возведения цилиндрических резервуаров

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что технологическим процессом при полистовых методах сборки корпусов цилиндрических резервуаров сопутствует меньшее количество опасностей и вредностей несмотря на наличие многооперационных процессов монтажа. Весьма распространенное возведение цилиндрических резервуаров методом рулонирования, при котором не решена до конца безопасная организация труда монтажников, сварщиков и изолирующих.

### **Вывод.**

1. При возведении металлических резервуаров все еще имеет место возникновение несчастных случаев со смертельным исходом в связи с неудовлетворенной организацией выполнения строительно-монтажных работ и недостаточном обеспечении их конструктивной надежности.

2. Из применяемых в настоящее время методов возведения цилиндрических резервуаров наиболее безопасным является метод подрапывания, которому соответствует коэффициент уровня опасности равный  $K_{y0} = 0,51$ , и соответственно с повышенным значением уровня опасности,  $K_{y0} = 0,73$ , метод рулонирования с вертикальным разворачиванием рулона.

3. Нормативно-законодательные акты, регламентируемые порядок безопасного выполнения строительно-монтажных работ при возведении резервуаров в настоящее время отстают от совершенствующихся технологических процессов, и требуют пересмотра.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Некоторые вопросы обеспечения надежности стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / В. К. Липский, Л. М. Спириденко, И. А. Свирко // Нефтехимический комплекс. – 2009. – № 3. – С. 68–71.
2. Анализ причин аварий стальных резервуаров и повышение безопасности их эксплуатации / Х. М. Ханухов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – М., №10, 2003. – С. 49–52.
3. <http://www.dnop.kiev.ua>
4. [http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/4\\_2\\_2012.pdf](http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/4_2_2012.pdf)
5. Оценка уровня опасности выполняемых работ в условиях реконструкции и учет его при планировании строительно-монтажных работ / Л. М. Диденко, Е. А. Рыбалка // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2006. – Вып. 36. – С. 71 – 76.