

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УГЛОВЫХ НЕСОВЕРШЕНСТВ НА ХАРАКТЕР НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ МОНТАЖНОГО СТЫКА СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРА

Ш.Т.Ешимбетов
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

Вертикальные цилиндрические резервуары для нефти и нефтепродуктов отнесены к ответственным конструкциям, разрушение которых может привести к серьезным материальным, экономическим и экологическим последствиям.

Современное резервуаростроение характеризуется увеличением объемов резервуаров, применением новых высокопрочных сталей, повышением интенсивности наполнения и опорожнения резервуара. В связи с этим актуальным становится вопрос совершенствования геометрической формы, которая зачастую не является формой правильного кругового цилиндра, особенно в зоне вертикального монтажного стыка стенки резервуара. Это проявилось в наличии недопустимо больших угловых деформаций и значительном смещении кромок, что в условиях повторно-переменного нагружения стенки заметно снижает долговечность резервуаров[1].

Практика показывает, что разработка способа сборки и сварки монтажных стыков резервуара, которая позволяла бы получать правильную геометрическую форму стенки в зоне совмещенного в одну линию стыка, является сложной задачей, поиски оптимального решения которой ведут уже на протяжении последних 20 лет [2,3].

Косвенно угловые деформации ограничивались допусками на отклонение стенки резервуара от вертикали, без учета условий эксплуатации, что стало причиной аварийного состояния резервуаров, работающих в режиме интенсивного малоциклового нагружения.

На практике как один из вариантов улучшения геометрической формы вертикального монтажного стыка является изготовление концевых участков полотнищ в виде «гребенок» и последующее их соединение на монтаже. При использовании указанного способа в каждом стыке приходится соединять начало одного и конец другого рулона, которые различаются радиусом формирования рулона, а также наличие деформации в сварных полотнищах создает трудности для подгонки под сварку листов «гребенки».

Результаты натурных замеров стрелы прогиба вертикального монтажного шва вертикальных цилиндрических резервуаров для нефтепродуктов на базе ТОО «RTS OIL» в с.Аксу ЮКО (таблица 1) показывает актуальность учета несовершенств зоны монтажного соединения.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что недостатками отмеченных способов выполнения монтажа являются большие угловые деформации и значительные смещения кромок, трудность подгонки под сварку листов «гребенки», что снижает надежность вертикальных цилиндрических резервуаров, особенно при повторно-переменных нагрузках.

Для изучения напряженно-деформированного состояния зоны монтажного стыка стенки резервуара с геометрическими угловыми несовершенствами проведены расчетно-экспериментальные исследования модели зоны монтажного соединения.

Модель представляет собой копию зоны монтажного соединения натурального резервуара объемом 2000м^3 , выполненного в масштабе (1:10), габаритными размерами 1200×850 мм с геометрическим несовершенством в виде западания монтажного шва внутрь резервуара (дефект вида «сердечко»). Основные геометрические размеры модели смоделированы на основе простого механического подобия между моделью и натурным объектом, с применением метода анализа размерностей физических величин. Радиус основной оболочки 1520мм . Угловатость соединения смоделирована гнутьем угла листа радиусом 30мм . Изготовленные оболочки сварены в стык. Торцы модели изготовлены из пластин толщиной 4мм , а оболочка из стали ВСтЗсп5 толщиной 2мм . Физико-механические характеристики стали определены газобъемным методом по ГОСТ 27069-86 и испытаниями стандартных образцов по ГОСТ 1497-84.

В торце резервуара размещены патрубки и штуцера для закрепления пружинного манометра и подачи воздуха.

Таблица 1 - Натурные значения стрелы западания монтажного шва вертикальных цилиндрических резервуаров

№ резервуара	Объем резервуара, м ³	Уровень замера от днища резервуара, см	Значения стрелы западания монтажного шва, мм	Способ сборки и сварки монтажного шва	Примечания	
1	1000	30	7	Совмещенный в одну линию шов	Замеры проведены после испытания резервуара	
		60	8			
		90	18			
		120	19			
		150	25			
4	2000	30	20		Совмещенный в одну линию шов	Замеры проведены после испытания резервуара
		60	27			
		90	30			
		120	31			
		150	35			
7	3000	30	20	Способ соединения вразбежку	Замеры проведены во время испытаний резервуара	
		60	29			
		90	32			
		120	30			
		150	29			
8	3000	30	14		Способ соединения вразбежку	Замеры проведены до проведения испытаний
		60	15			
		90	14			
		120	12			
		150	5			

Согласно цели эксперимента, относительные деформации в околошовной зоне измерялись тензометрическими средствами измерения. Первичными преобразователями служили тензодатчики ПКБ на бумажной основе базой 10мм и 20мм. В качестве регистрирующей аппаратуры служил тензометрический комплекс ЦТМ-5.

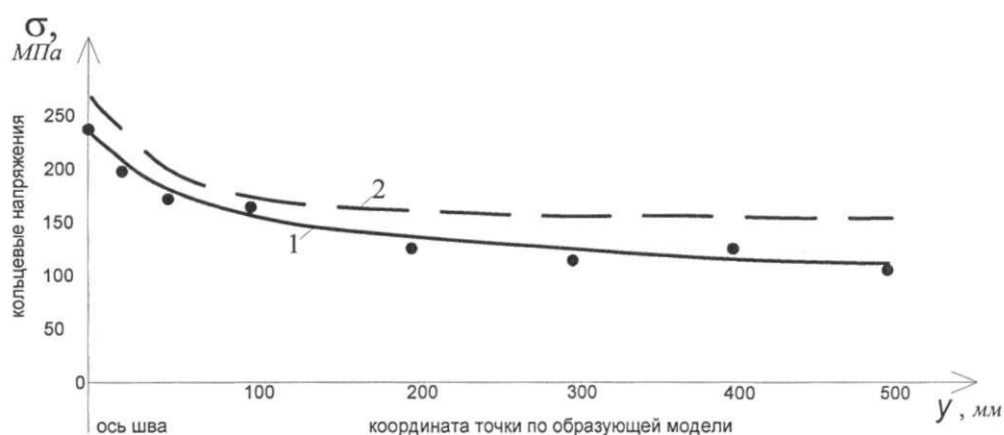
Прогиб стыка фиксировался с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,01мм, которые установлены на кронштейнах из гнутого двутавра в четырех сечениях.

Давление в оболочке создавалось с помощью компрессора. Контроль давления осуществлялся манометром. Производилось ступенчатое нагружение оболочки от 0,06МПа до 0,2МПа. На каждой ступени производились измерения относительных деформаций по четырем сечениям, а также перемещения точек шва. В одном сечении измерения снимались с 6 точек, из них две точки являлись контрольными. На каждой точке были размещены два тензодатчика, которые позволяли измерить окружные и меридиональные относительные деформации. Полученные данные обрабатывались методом наименьших квадратов.

На основе проведенных исследований построены эпюры кольцевых напряжений в зоне монтажного стыка стенки модели.

Характер эпюр кольцевых напряжений в зоне стыка (рисунок 1) показывает ярко выраженную концентрацию напряжений в точках у шва, коэффициент концентраций которых составил 1,6 – 1,8.

Расчетный эксперимент оценки напряженно-деформированного состояния зоны стыка производился методом конечных элементов с использованием программного комплекса LIRA, результаты которого представлены на рисунке 1.



1 - экспериментальная кривая; 2 - расчетная кривая

Рисунок 1- Кольцевые напряжения в зоне монтажного стыка модели цилиндрического резервуара

Полученные в результате расчета данные хорошо согласуются с результатами эксперимента и находятся в пределах 6-12%.

Возникающая вследствие углового несовершенства концентрация напряжений в зоне вертикального монтажного соединения ни в расчетах, ни в существующих нормативных документах не учитывается.

В связи с этим предлагается условие прочности стенки резервуара в зоне монтажного стыка при заполнении продуктом с плотностью ρ проверять выражением:

$$\sigma = \frac{[\gamma_{f1}\rho(h-x) + \gamma_{f2} \cdot P_u] D}{2\delta} \leq R_{yn} \cdot \frac{\gamma_c \cdot \gamma_{МШ}}{\gamma_m \cdot \gamma_n}, \quad (1)$$

где $\gamma_{МШ}$ - коэффициент условий работы зоны монтажного вертикального стыка стенки резервуара, γ_{f1} - коэффициент надежности по нагрузке для гидростатического давления, равный 1,1; γ_{f2} - коэффициент надежности по нагрузке для внутреннего избыточного давления, равный 1,15; γ_c - коэффициент условий работы; γ_m - коэффициент надежности по материалу; γ_n - коэффициент надежности по назначению; R_{yn} - нормативное значение предела текучести; x - расчетная высота от днища резервуара; δ - толщина стенки резервуара; h - высота стенки до расчетного уровня жидкости.

По результатам исследований величину коэффициента условий работы предложено назначить в пределах 0,6-0,8 в зависимости от стрелы прогиба монтажного стыка.

Литература

- 1 Почтовик П.Г. Малоцикловая усталостная прочность металлических резервуаров нефтеперекачивающих станций: авторефер. ... канд. техн. наук. - М., 1985. - 16с.
- 2 API Standard 650. Welded Steel Tanks for Oil Storage.- 2003. - P.530.
- 3 Поповский Б.В., Джур Ю.Ф. Этапы решения задачи сборки вертикальных стыков стенок резервуаров //Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2000. - №10. -С.4-7.

Мақалада резервуар қабырғасының құрастыру аймағындағы бұрыштама жетіксіздіктерінің кернеулену-деформациялану күйіне есептік-тәжірибелік зерттеу нәтижелері сарапталған. Резервуардың құрастыру түйістірмесі аймағындағы қабырға беріктігін, көрсетілген жетіксіздігін ескере отырып, тексеру теңдеуі ұсынылған.

Summary

In clause the results of a settlement - experimental research of influence of geometrical angular imperfections on character is intense - is deformed condition of a zone of an assembly joint of a wall of the tank are discussed. The formula of check of durability of a wall in a zone of an assembly joint of the tank is offered in view of the specified imperfection.