

ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Nikolaev I.K., Pirogova N.S., Serafontova A.A.,
Zemlerub L.E.

LOAD DECREASE ON TANK AT NOZZLE AREA

Nikolaev I.K., Russian Federation, Samara State
Technical University, student

Pirogova N.S., Russian Federation, Samara State
Technical University, student

Serafontova A.A., Russian Federation, Samara State
Technical University, student

Zemlerub L.E., Russian Federation, Samara State
Technical University, associate professor

Abstract

This work is dedicated the issue of the load decrease on reservoir at nozzle area. Describes the system of compensation of loads on the tank and propose its modification, together with the change in the number and size of nozzles. A study of the stress-strain state of vertical steel tank of 20000 m³ volume with different type and number of nozzles. According to the results of the study revealed the main advantage of the proposed method – extension of term of safe operation of the tank.

Keywords: Ansys structural, the stress-strain state, safe operation, FEA, petroleum

Введение

Резервуары стальные вертикальные цилиндрические (РВС) применяются для приема, хранения и выдачи жидких продуктов, в том числе нефти и нефтепродуктов.

Популярность вертикальных цилиндрических резервуаров в качестве способа хранения нефтепродуктов, воды

и прочих жидкостей обусловлена их дешевизной, быстротой изготовления и простотой эксплуатации. Тем не менее, резервуар представляет собой сложное металлическое сооружение.

Люки и патрубки резервуаров относятся к оборудованию резервуара располагаемого на стенке. На вертикальных резервуарах они располагаются с учетом требований прочности и герметичности врезок, эквивалентных стенке резервуара. Зоны врезки люков и патрубков, которые расположены в нижнем поясе резервуара, подвержены воздействию изгибающих моментов и различных усилий от гидростатической нагрузки, нагрузки от трубопровода и осадки самого резервуара непосредственно. Внешние нагрузки, оказываемые на присоединяемые трубопроводы желательно минимизировать при помощи специализированных компенсационных устройств.

Патрубок приемо-раздаточный (рисунок 1) представляет собой устройство, применяемое при приёмке и откачке нефтепродуктов из резервуаров, а также соединяет технологические трубопроводы с резервуарами, предназначенными для хранения нефтепродуктов и нефти. Чертеж патрубка представлен на рисунке 2. Он состоит из следующих основных частей: наружного фланца 1, усиливающей накладки 2, обечайки (из трубы) патрубка 3, внутреннего фланца 4.

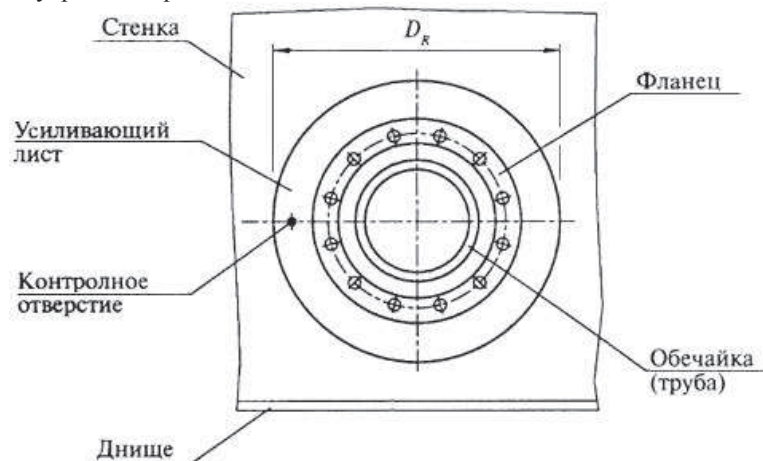


Рисунок 1 – Схематичное изображение патрубка с усиливающей накладкой

Фланец предназначен для подсоединения запорной арматуры, усиливающая накладка для усиления места установки патрубка в резервуаре, внутренний фланец для приемо-раздаточного устройства (ПРУ) внутри резервуара.

Материалы и методы исследования

Предполагается, что нагрузка в зоне врезки прямо пропорциональна диаметру ПРУ, т.е. с уменьшением диаметра ПРУ снизится и нагрузка на стенку резервуара. Однако, для обеспечения такой же пропускной способности необходимо увеличить количество ППР, сохранив площадь поперечного сечения патрубка.

Одним из возможных вариантов снижения нагрузки на РВС(П)-20000 м³ является замена одного патрубка с диаметром условного прохода 700 мм на три патрубка с диаметром условного прохода 400 мм.

Узел приемо-раздаточного патрубка испытывает постоянные и временные нагрузки, которые потенциально могут привести к нарушению герметичности резервуара в месте врезки патрубка в стенку резервуара. Причинами возникновения усилий и изгибающих моментов являются:

- Температурные деформации трубопроводов;
- Вибрация от внешних устройств на трубопроводе;
- Изменения уровня налива в резервуаре;
- Осадка резервуара;
- Сейсмические волны.

Кроме того, во время заполнения резервуара, а также при истечении продукта из ППР, происходит внезапное расширение потока, вследствие чего возникает реактивная сила, создающая изгибающие моменты в различных направлениях и вибрацию в сварном шве, соединяющем приемо-раздаточный патрубок и стенку резервуара.

Теория тонкостенных оболочек, на которой основаны методы расчета напряжений в стенке резервуара, не может дать ясной картинки о возникающих деформациях и перемещениях реальной конструкции, так как она является не идеальным цилиндром. В настоящее время, в связи с развитием вычислительной техники широкое распространение получили численные методы расчета, среди которых наиболее популярный – метод конечных элементов. В работе используется универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет – ANSYS. [3]

Результаты и обсуждение

Материал модели соответствовал механическим характеристикам стали 09Г2С:

- коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$;
- модуль упругости $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па;
- плотность стали $\rho = 7850$ кг/м³

Геометрическая модель каждого резервуара состоит из поясов для учета толщины, приемо-раздаточный патрубков с усиливающей накладкой.

Расчетная схема включает в себя: (рисунок 2):

- жесткое закрепление по нижней кромке первого пояса;
- собственный вес задается ускорением свободного падения, равный $9,81$ м/с²
- вес крыши, оборудования и снега, прикладывается к верхней кромке последнего пояса;
- давление от разлива нефтепродукта;

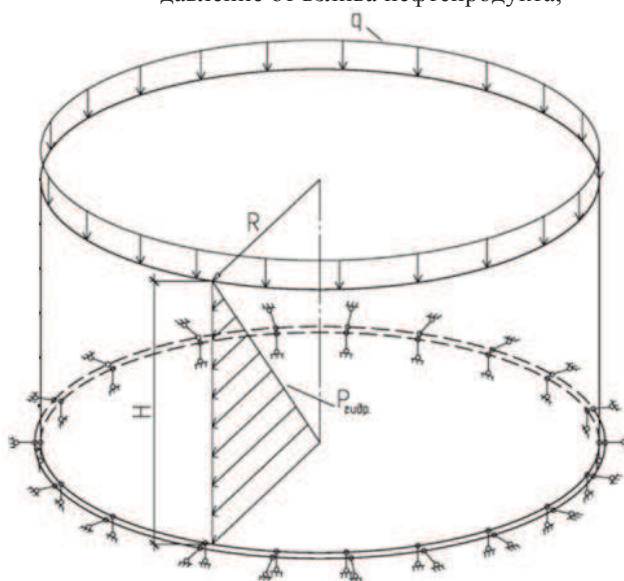


Рисунок 2 – Расчетная схема резервуара

$P_{гидр}$ – гидростатическое давление на стенку и днище резервуара;

q – нагрузка от веса металлоконструкций, снега;

R – радиус резервуара;

H – высота резервуара.

Выходными параметрами, требующимися для оценки НДС в тонкостенной модели РВС, являются кольцевые и продольные напряжения. Решение в ПК Ansys приведено на рисунке 3.

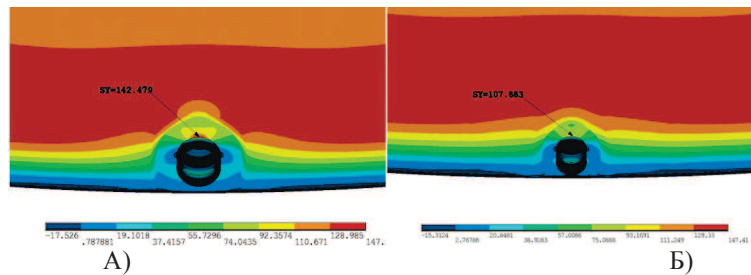


Рисунок 3 – Кольцевые напряжения в стенке резервуара с патрубками 700(а) мм и 400 мм (б)

Как видно из рисунка кольцевые напряжения снизились примерно на 35 Мпа, что говорит о том, что предложенная нами методика действительно позволяет снизить нагрузку на стенку резервуара в зоне прямо-раздаточных патрубков.

Для верификации полученных результатов было проведено сравнение кольцевых напряжений, полученных в программном комплексе ANSYS и напряжений, рассчитанных по методике, представленной в Руководстве по безопасности вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. [1]

Кольцевые напряжения ($\sigma_{кц}$) в нижней точке каждого пояса резервуара со стационарной крышей вычислялись по формуле:

$$a_{кц} = \left[\rho \cdot g \cdot (H - x_L) + 1,2 \cdot p_{изб} \right] \cdot \frac{r}{t_{ir}} \quad (1)$$

где r – радиус резервуара

H – высота налива нефтепродукта

t_{ir} – расчетная толщина i -го пояса стенки

ρ – плотность продукта

$p_{изб}$ – избыточное давление

x_L – расстояние от дна до нижней кромки пояса.

Сравнение численного и аналитического способа расчета кольцевых напряжений приведены на рисунке 4:

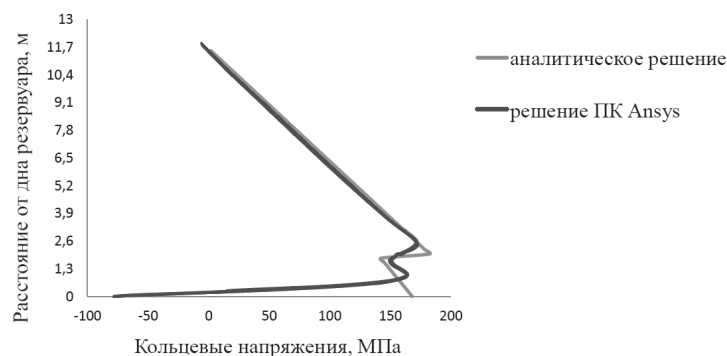


Рисунок 4 – Сравнение численного и аналитического способа расчета

Сравнение показывает, что использование метода конечных элементов позволяет учесть сложность конструкции, вызванную наличием приемо-раздаточного патрубка. В тоже время, при удалении от зоны ПРП наблюдается совпадение расчетных значений напряжений.

Выводы

Исходя из полученных результатов исследования, можно сделать следующие выводы. В результате изменения конструкции резервуара уменьшились перемещения и кольцевые напряжения в зоне приемо-раздаточных патрубков, что будет способствовать увеличению срока надежной и безопасной эксплуатации резервуара и снизит затраты на ремонт, хотя и увеличит капитальные вложения на сооружение. Если применить данную модификацию к резервуару для хранения светлых нефтепродуктов, то за счет снижения нижнего аварийного уровня разлива можно добиться увеличения полезной емкости. [2]

References:

- [1] RD 153-112-017-97 Manual on the diagnosis and assessment of residual life of vertical steel tanks developed by JSC "NefteMontagdiagnostica". Intr. 1997-07-01, 1997. – 31p.
- [2] Tanks for oil and oil products: vol. 1. Construction and equipment: the textbook for high schools / F. M. Mustafin,

R. A. Zhdanov, M. G., Kravichenko and others - SPb.: Nedra, 2010. – 480p.

- [3] Samigullin G. H., Gerasimenko, A. A. Determination of stress intensity factor for a reservoir of 10,000 m³ // Scientific and technical journal "Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products". - 2014. - No. 1. P. 102-111.
- [4] STO-SA-03-002-2009 Rules for the design, manufacture and installation of vertical cylindrical steel tanks for petroleum and petroleum products / Coll. ed. - 1st ed. - Russian Association of expert organizations of technogenic high-risk facilities (Association Rostekhekspertiza), - M., 2009. - 216 p.