

РЕЗЕРВУАР ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКИ НЕУСТОЙЧИВЫХ РАЙОНОВ И РАЙОНОВ С ПОВЫШЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

©2010 В.К. Тянь, В.Б. Опарин, Д.С. Сименко

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 01.04.2010

В работе представлена разработка принципиально новой конструкции резервуара повышенной прочности и устойчивости с учетом всех современных требований, предъявляемых к данным сооружениям, и пригодных для эксплуатации в сейсмически опасных регионах.

Ключевые слова: *резервуар вертикальный стальной, сейсмоустойчивость, прочностные характеристики, моделирование*

В связи с продвижением районов нефтедобычи и транспорта в регионы с суровыми климатическими и сейсмическими условиями, с одной стороны, и ужесточением требований к экологической и промышленной безопасности, с другой стороны, возникает необходимость разработки резервуаров принципиально новой конструкции. Резервуар как объект повышенной опасности должен отвечать современным техническим требованиям, предъявляемым к подобным конструкциям [1]. В качестве подобного решения в данной работе предлагается конструкция нефтехранилища – «лепестковый» резервуар. Основным конструктивным элементом, отличающим «лепестковый» резервуар от обычного вертикального стального резервуара, являются «лепестки», представляющие собой полые стальные полуцилиндры, привариваемые к основному резервуару и изолированные между собой и центральной частью (рис. 1). Таким образом, резервуар представляет собой жестко скрепленную между собой группу элементов.

Одним из достоинств предложенной конструкции является возможность своевременного выявления утечки из основного резервуара посредством слежения за уровнем жидкости в «лепестках». Для этого на стенке

каждого «лепестка» устанавливается уровень-мер [2]. Значительное увеличение устойчивости конструкции достигается также за счет применения ребер жесткости, скрепляющих соседние «лепестки» между собой.

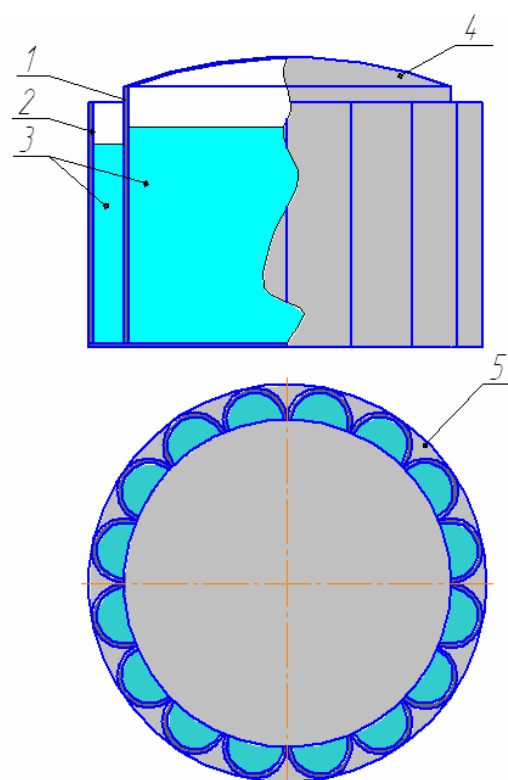


Рис. 1. Общий вид и вид сверху «лепесткового» резервуара: 1 – центральный резервуар; 2 – «лепесток»; 3 – жидкость; 4 – крыша; 5 – днище

Тянь Владимир Константинович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Трубопроводный транспорт». E-mail: tt@samgtu.ru

Опарин Владимир Борисович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Сименко Дарья Сергеевна, студентка

При расчете геометрических параметров «лепесткового» резервуара в качестве центрального был выбран резервуар типа РВС 20000. С учетом типовых размеров и технических характеристик данного резервуара были определены основные размеры лепестковой части предлагаемой конструкции резервуара (рис. 2).

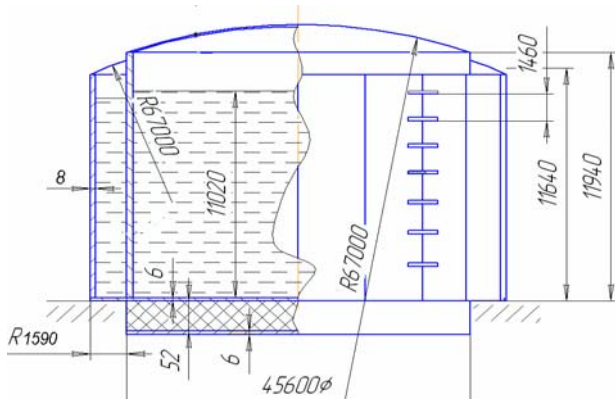


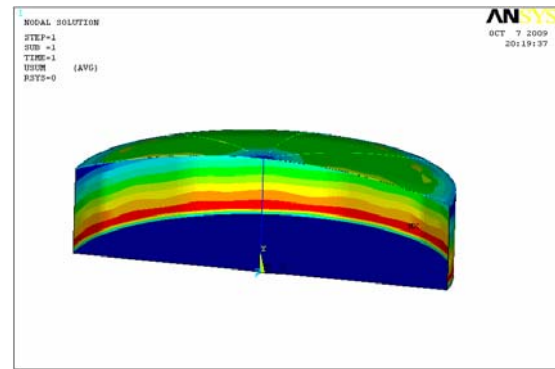
Рис. 2. Геометрические параметры «лепесткового» резервуара

Для определения прочностных характеристик предлагаемой конструкции был использован пакет программ ANSYS. В работе приводятся данные сравнительного анализа РВС 20000 и «лепесткового» резервуара с центральной частью того же номинального объема. Программа расчета включает в себя:

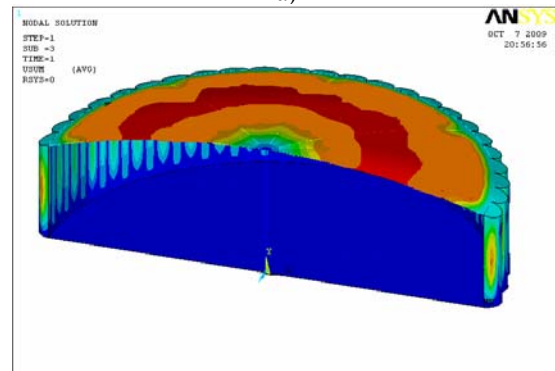
- исследование деформаций и напряжений, возникающих в рассматриваемых резервуарах под действием собственного веса и веса жидкости;
- исследование деформаций и напряжений, возникающих в рассматриваемых резервуарах под действием ударной боковой нагрузки непосредственно в момент удара, и анализ остаточных характеристик через некоторый промежуток времени;
- исследование деформаций и напряжений, возникающих в рассматриваемых резервуарах под действием вертикальной нагрузки, приложенной к днищу, непосредственно в момент удара, и анализ остаточных характеристик через некоторый промежуток времени.

Рассмотрим воздействие на конструкции их собственного веса и веса жидкости. Результаты моделирования в программе ANSYS представлены на рис. 3 и рис. 4.

Из анализа рис. 3а следует, что наибольшие деформации наблюдаются в обширной зоне первого пояса стенки. Максимальное значение деформации – 1,6 см. На рис. 3б видно, что деформация стенки внутреннего резервуара практически отсутствует. В лепестковой части наблюдается точечная деформация (1,5 см).

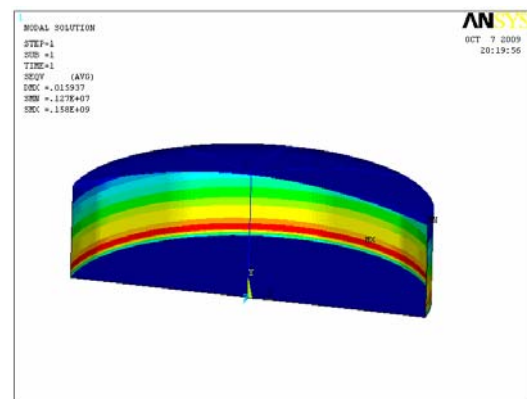


а)

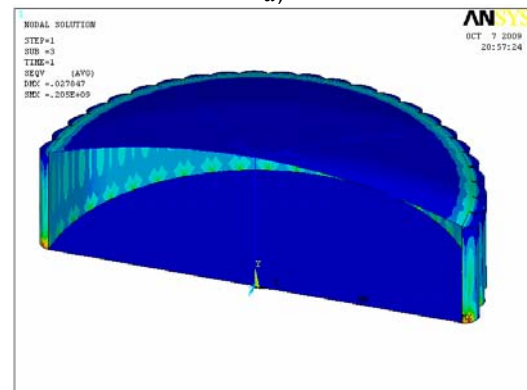


б)

Рис. 3. Деформация резервуаров под действием собственного веса и веса жидкости: а – деформация РВС 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара



а)



б)

Рис. 4. Напряженные состояния резервуаров под действием собственного веса и веса жидкости: а – деформация РВС 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Как следует из анализа рис. 4а, под действием воды и собственного веса наблюдается кольцевое напряжение в области первого пояса, достигающее 160 МПа. Для «лепесткового» резервуара (рис. 4б) значения напряжений достигают 200 МПа, но за счет того, что они наблюдаются лишь в точечных зонах крепления лепестка к днищу, их воздействие на прочность и устойчивость конструкции минимальны.

Рассмотрим воздействие на конструкции боковой нагрузки, создающей ускорение 0,3g, непосредственно в момент удара. Результаты моделирования в программе ANSYS представлены на рис. 5 и рис. 6.

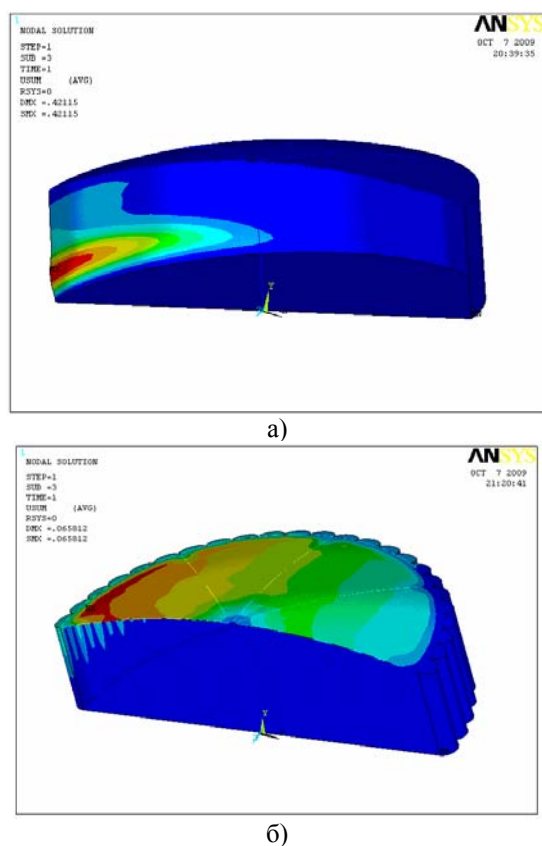


Рис. 5. Деформации резервуаров под действием боковой нагрузки в момент удара:
а – деформация РВС 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Результаты расчета показали, что под действием боковой нагрузки стенка РВС 20000 (рис. 5а) максимально деформировалась на 40 см в районе первого пояса. Деформации «лепесткового» резервуара (рис. 5б) локализованы в районе места соединения стационарной крыши центральной части и индивидуальной крыши «лепестков». Значения достигли максимума в 6 см.

Рис. 6а показывает, что напряжения стенки РВС 20000 в местах наибольших деформаций превысили предел текучести стали

(280 МПа) и составили 315 МПа. На рис. 6б видно, что максимальные напряженные состояния наблюдаются непосредственно на стыке крыш основной и лепестковой части резервуара. Их значения достигают 260 МПа.

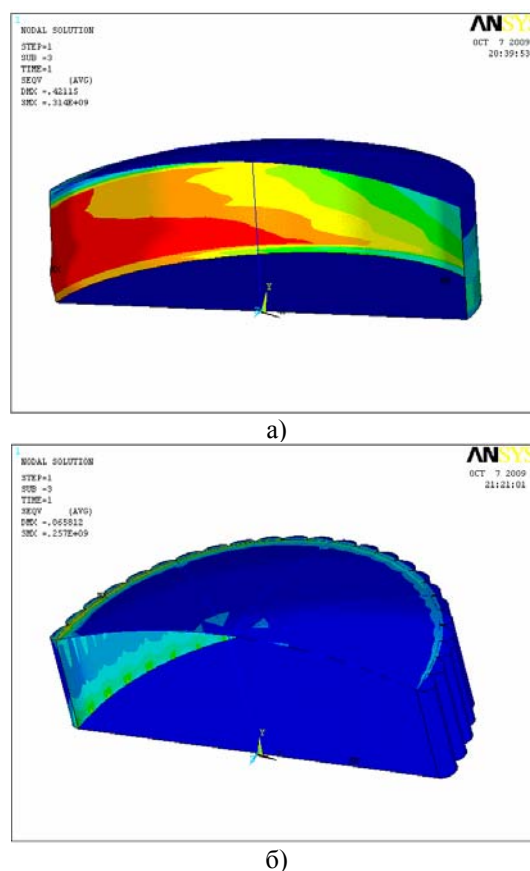
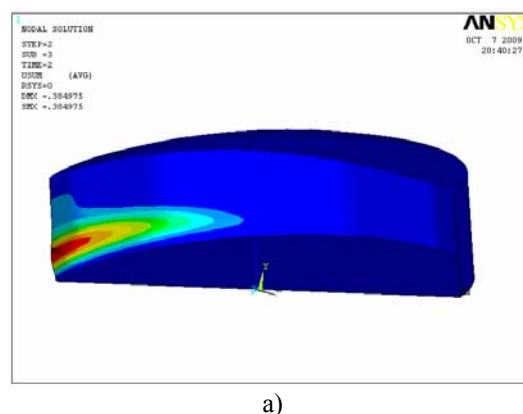
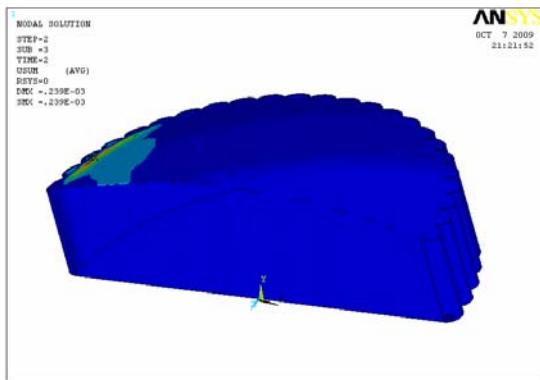


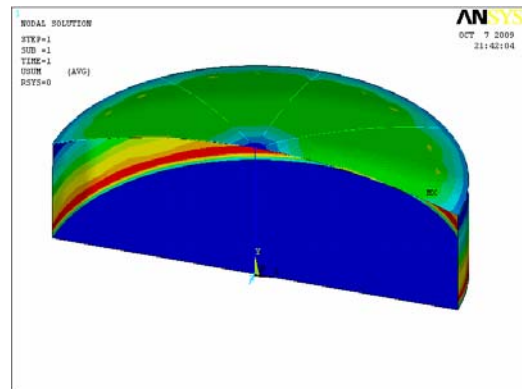
Рис. 6. Напряженные состояния резервуаров под действием боковой нагрузки в момент удара:
а – деформация РВС 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Проанализируем остаточные деформации и напряженные состояния резервуаров под воздействием боковой нагрузки (рис. 7 и рис. 8). На рис. 7а видно, что после снятия нагрузки деформации РВС 20000 уменьшились незначительно, до 35 см. Деформационные состояния «лепесткового» резервуара (рис. 7б) сократились до 3 мм.





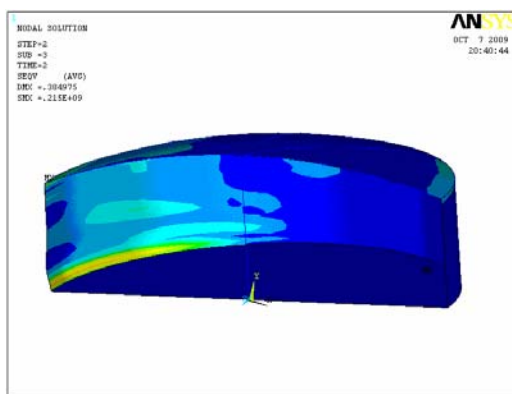
б)



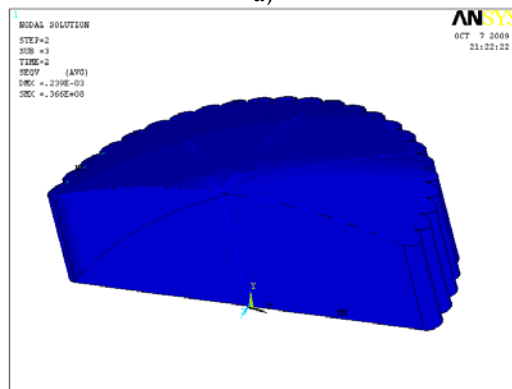
а)

Рис. 7. Остаточные деформации резервуаров под действием боковой нагрузки:

а – деформация PVC 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара



а)

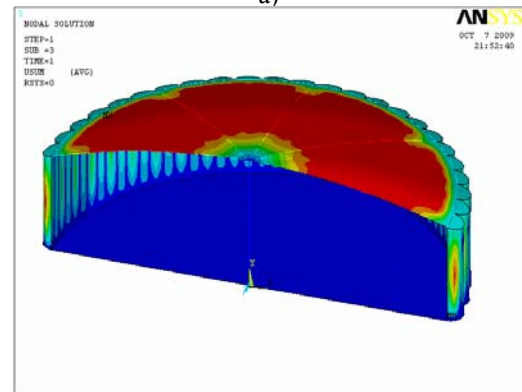


б)

Рис. 8. Остаточные напряженные состояния резервуаров под действием боковой нагрузки: а – деформация PVC 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Из анализа очевидно, что после прекращения воздействия на конструкцию нагрузки напряженные состояния PVC 20000 (рис. 8а) частично снизились. Однако их максимум составил 200 МПа. Напряжения в «лепестковом» резервуаре сняты полностью (рис. 8б).

Рассмотрим напряженные состояния и деформации, возникающие в конструкциях, при воздействии на них вертикальной нагрузки, приложенной к днищу (рис. 9 и рис. 10).



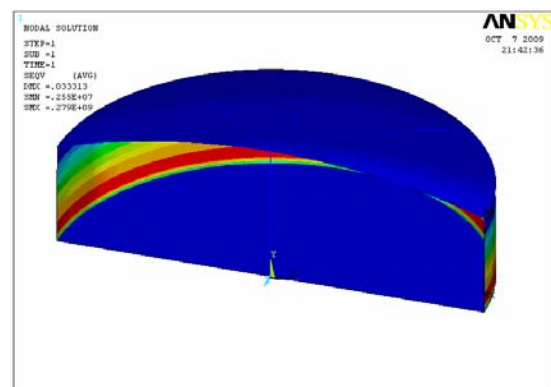
б)

Рис. 9. Деформации резервуаров под действием вертикальной нагрузки, приложенной к днищу:

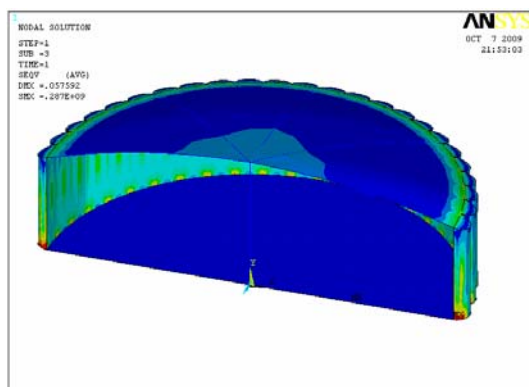
а – деформация PVC 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Из анализа рис. 9а видно, что деформации PVC 20000 сосредоточены в районе первого пояса стенки и достигают значений 30 см. На рис. 9б крыша «лепесткового» резервуара деформируется на 25 см за счет ее усиления.

Как показали расчеты, напряжения, возникающие в PVC 20000 (рис. 10а) и в резервуаре лепесткового типа (рис. 10б) примерно равны и составляют 280 и 290 МПа соответственно. Однако в сравнении с напряженными состояниями конструкций под действием собственного веса и веса воды увеличение значений напряжений для PVC 20000 больше, чем для «лепесткового» резервуара.



а)



б)

Рис. 10. Напряженные состояния резервуаров под действием вертикальной нагрузки, приложенной к днищу:

а – деформация РВС 20000; б – деформация «лепесткового» резервуара

Выводы: представленный сравнительный анализ прочностных характеристик РВС 20000 и резервуара лепесткового типа подтверждает высокие эксплуатационные свойства предлагаемой конструкции резервуара, позволяющие использование предлагаемого «лепесткового» резервуара в сейсмически опасных районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Трубопроводный транспорт нефти: Под ред. С.М. Вайнштока - учеб. для вузов: в 2 т. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – С.
2. Коновалов, Н.И. Оборудование резервуаров / Н.И. Коновалов, Ф.М. Мустафин, В.В. Кулаков и др. – Уфа: ООО ДизайнПолиграфСервис», 2004. – 150 с.

THE TANK OF HEIGHTENED RELIABILITY FOR SEISMICALLY UNSTABLE AREAS AND AREAS WITH INCREASED REQUIREMENTS OF ECOLOGICAL SAFETY

© 2010 V.K. Tyan, V.B. Oparin, D.S. Simenko

Samara State Technical University

In paper the development of essentially new construction of the tank of heightened durability and stability in view of all modern requirements, demanded to such constructions, and suitable for maintenance in seismically dangerous regions is presented.

Key words: *vertical steel tank, seismic stability, mechanical properties, modeling*