|  |  |
| --- | --- |
| http://www.studfiles.ru/html/2706/219/html_HcGB7DatO_.FIMu/htmlconvd-bQsc2Z_html_3e8df8ee.gif | МИНОБРНАУКИ РОССИИ  Федеральное бюджетное образовательное учреждение  Высшего профессионального образования  "Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова" |

Факультет Е "Оружие и системы вооружения"

Кафедра Е7 "Механика деформируемого тела"

Дисциплина "Вычислительная механика"

КУРСОВАЯ РАБОТА

Выполнил студент группы Е123:

Васильев Б.М.

**Руководитель**

Павлов А.С. \_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись

Санкт-Петербург 2018г.

Содержание

[1.Постановка задачи. 3](#_Toc439099561)

[2. Виды используемых конечных элементов. 4](#_Toc439099562)

[3. Реакция бака с жидкостью на действие массовых сил 7](#_Toc439099563)

[4. Реакция бака с жидкостью на внутреннее давление на стенки резервуара(бака) 9](#_Toc439099564)

[5. Определение собственных частот и форм колебаний бака с жидкостью. 11](#_Toc439099565)

[6. Устойчивость под действием массовых сил 15](#_Toc439099566)

[Список использованной литературы 16](#_Toc439099567)

# 1.Постановка задачи.

В качестве объекта для расчета берется стальной цилиндрический бак с жидкостью с заданным свойствами. На основании бака имеются опоры.

Поставленной задачами являются:

1. Реакция бака с жидкостью на действие массовых сил
2. Реакция бака с жидкостью на внутреннее давление на стенки резервуара(бака)
3. Определение собственных частот и форм колебаний бака с жидкостью
4. Расчет устойчивости бака под действием массовых сил

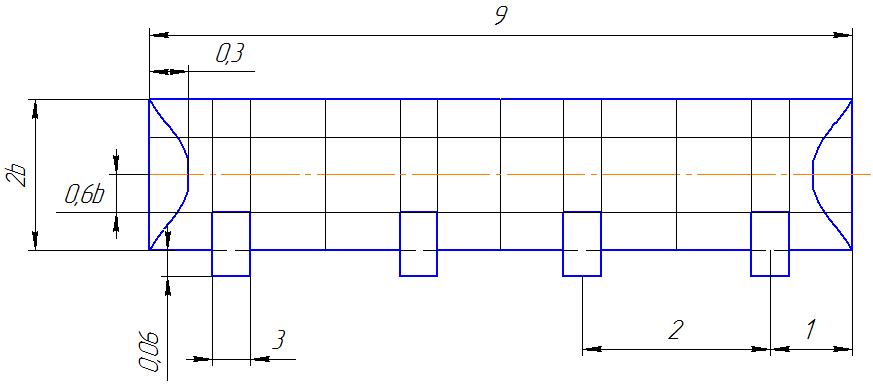


Рис. 1.1 Схема бака

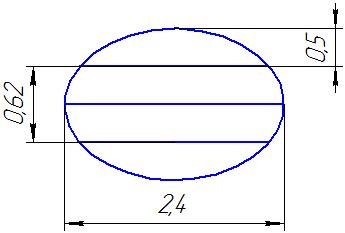


Рис. 1.2 Схема бака(боковая проекция)

# 2. Виды используемых конечных элементов.

Для решения задачи используется пакет программного обеспечения ANSYS 2011.

После построения модели бака с жидкостью необходимо разбить данную модель на конечные элементы. В данной работе используются 3 вида конечных элементов:

1. Shell 93(оболочка с 8-ю узлами)  
Данный элемент обычно используется для моделирования искривленных оболочек. Элемент имеет шесть степеней свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей X, Y и Z узловой системы координат и повороты вокруг осей X, Y и Z узловой системы координат. Вид перемещений является квадратичным в обоих направлениях в плоскости элемента. Элемент имеет свойства пластичности, изменения жесткости при приложении нагрузок, больших перемещений и больших деформаций.

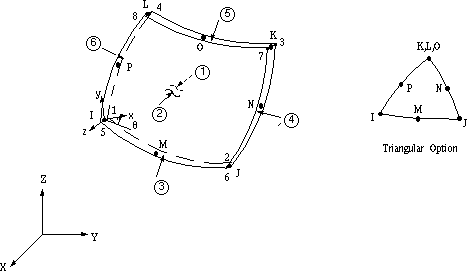


Рис.2.1 Вид элемента SHELL93

2. Solid 95 (объемный двадцати узловой конечный элемент)

Элемент SOLID95 является квадратичной версией объемного (3D) элемента задач МДТТ SOLID45, имеющего восемь узлов. Элемент SOLID95 в состоянии использовать нерегулярную форму сетки без потери точности. Элемент SOLID95 имеет совместные формы перемещений и в состоянии описывать модели с искривленными границами.

Элемент определяется двадцатью узлами, имеющими три степени свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей X, Y и Z узловой системы координат. Элемент может иметь произвольную ориентацию в пространстве. Элемент SOLID95 имеет свойства пластичности, ползучести, радиационного набухания, изменения жесткости при приложении нагрузок, больших перемещений и больших деформаций. Для контроля вывода данных имеются специальные опции.

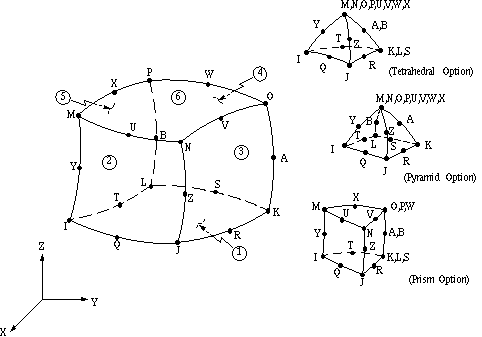


Рис. 2.2 Вид элемента SOLID95

3. Mesh200(элемент границ сетки)

Элемент MESH200 является вспомогательным элементом создания сеток, не влияющим на результаты расчета. Данный элемент может использоваться для операций следующих типов:

- многошаговые операции построения сеток, такие как вытягивание, которые требуют использования сетки низшей размерности для последующего построения сетки более высокой размерности;

- построение сеток на линиях в двухмерном (2D) или трехмерном (3D) пространствах, с наличием промежуточных узлов или без таковых;

- построение сеток на поверхностях или в объеме в трехмерном (3D) пространстве из элементами имеющих форму треугольников, четырехугольников, с наличием промежуточных узлов или без таковых;

- временное сохранение элементов, для которых физический смысл расчета не указан.

Элемент MESH200 может использоваться в совокупности с любыми другими пами элементов комплекса ANSYS.

Каждому конечную элементу была сопоставлена константа, к которой были привязаны такие значения, как плотность, коэффициент Пуассона и модуль упругости. Таким образом стальной оболочке бака придается конечный элемент Shell92 и данные параметры: . А наполнителю(жидкости) назначается Solid95 и данные значения: .

После задания типа конечных элементов разбиваем бак на эти элементы и создаем сетку.

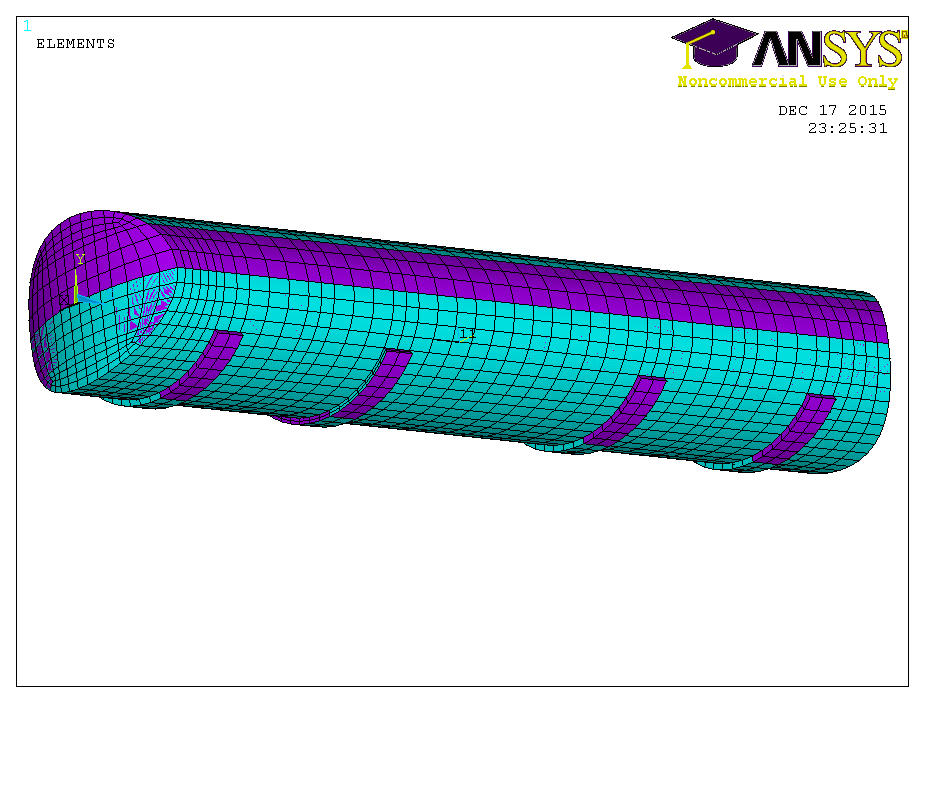


Рис. 2.1 Сетка конечных элементов бака с наполнителем.

# 3. Реакция бака с жидкостью на действие массовых сил

В ANSYS закрепляем бак в опорах

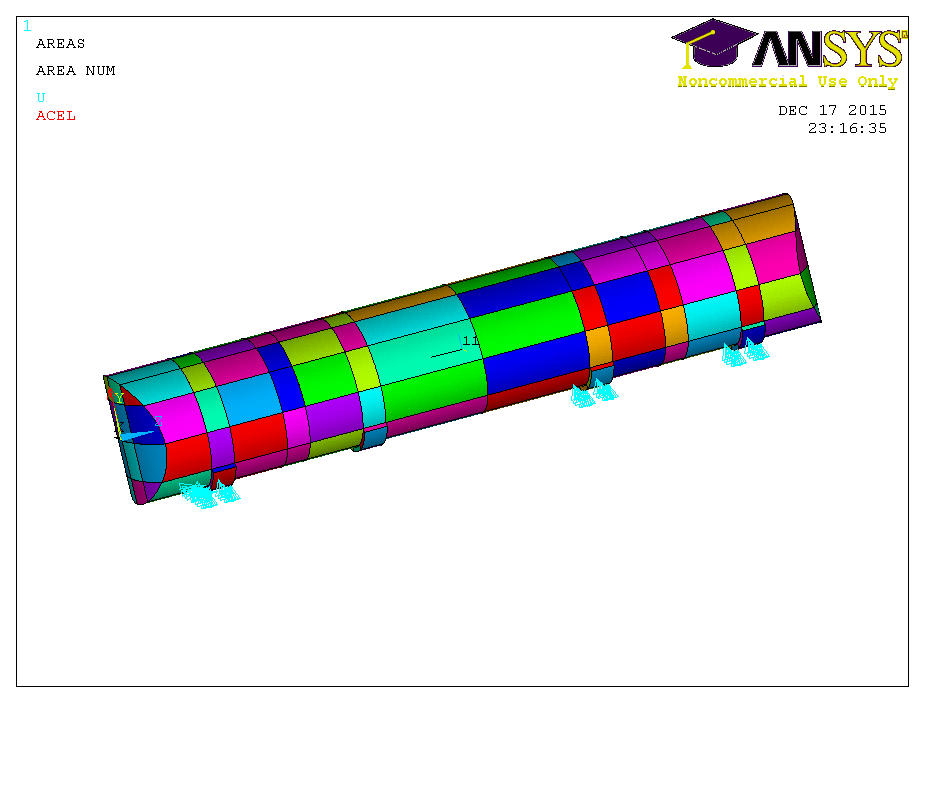


Рис. 3.1 Закрепления опор бака

После задаемся значением перегрузки 3g и, проведя расчет в ANSYS, получаем данный результат.

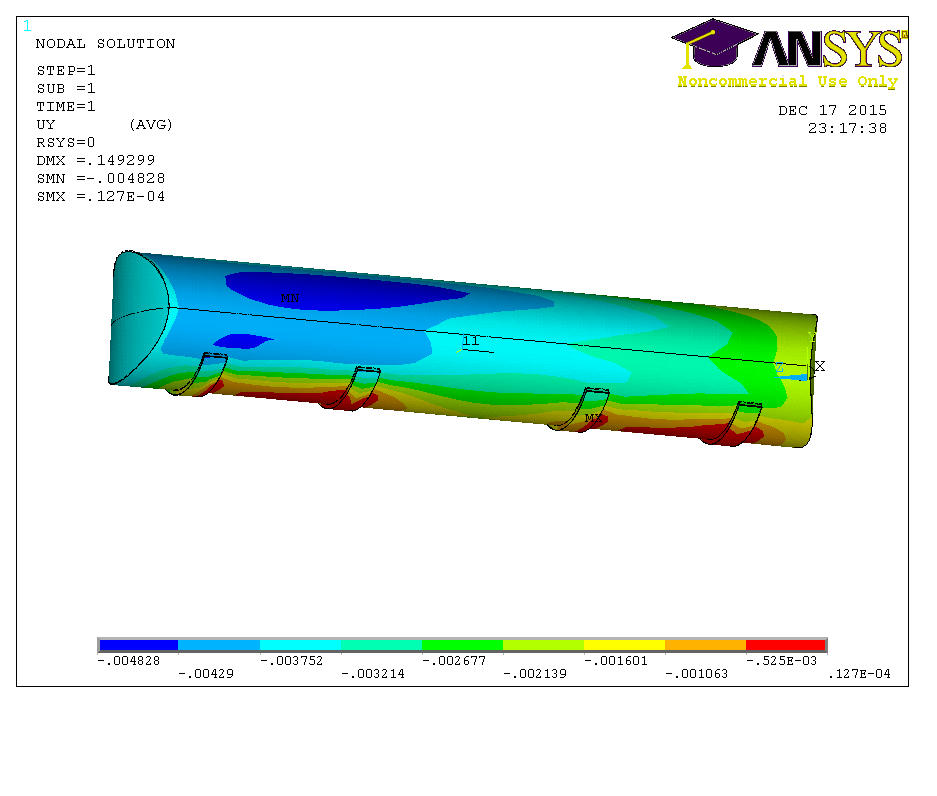
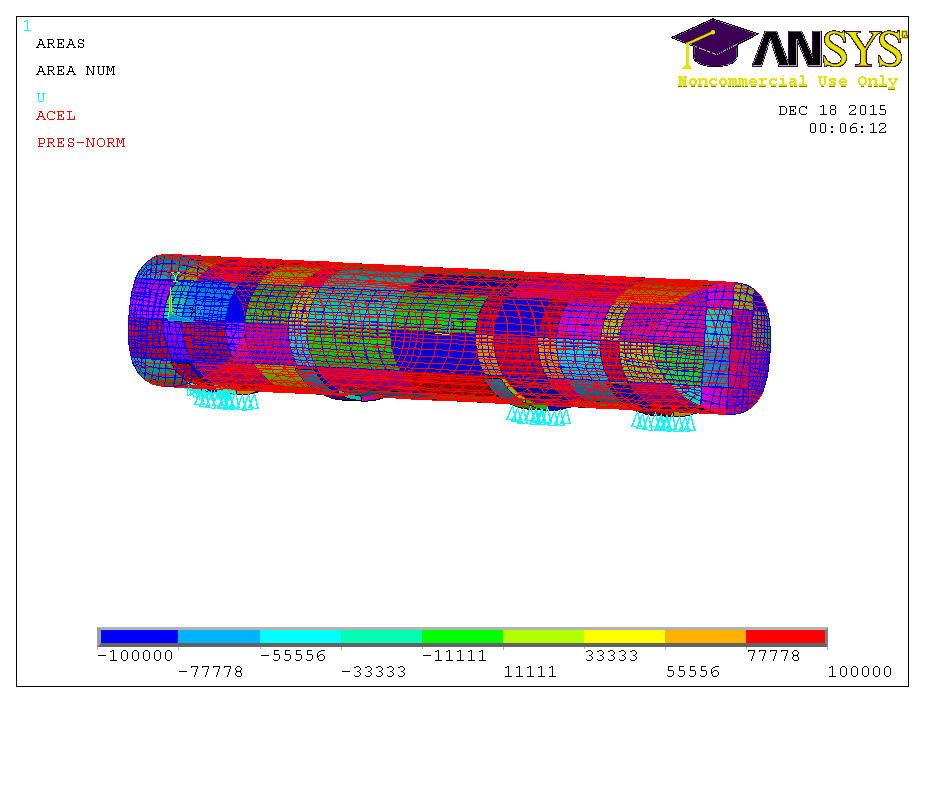


Рис.3.2 Результаты нагружения бака при действии массовых сил

Как видно на рисунке основными эпицентрами нагружения являются опоры, а также площади вокруг них.

# 4. Реакция бака с жидкостью на внутреннее давление на стенки резервуара(бака)

Для решения данной задачи необходимо удалить все объемы(наполнитель) в ANSYS и приложить нагрузки(давление) на конечные элементы оболочки бака. Также необходимо учесть, чтобы вектор имел направление наружу, т.е. давление должно "раздувать" бак, так как приложено будет избыточное давление.

Рис. 4.1 Давление на корпус(оболочку) бака

Расчетное давление  в   цистерне , МПа:

htmlconvd-YTKc0C_html_76f7a5db

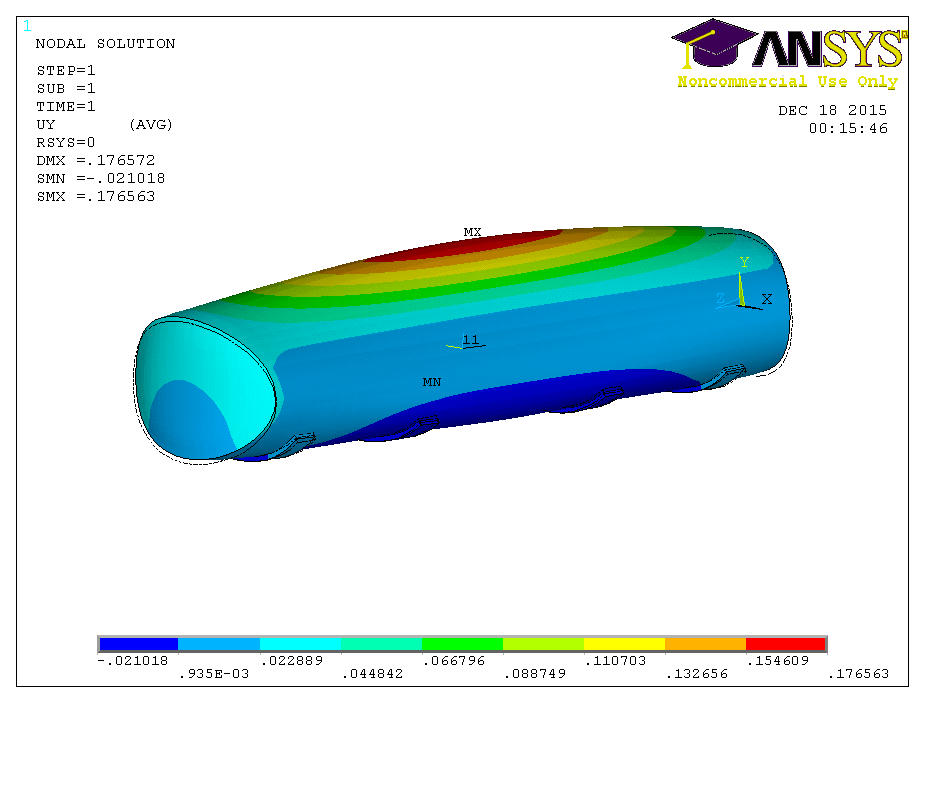
где htmlconvd-YTKc0C_html_7ace417b–давление насыщенных паров НП в зависимости от вида НП, МПа;

htmlconvd-YTKc0C_html_4dc5b20–коэффициент вертикальных нагрузок;

htmlconvd-YTKc0C_html_m5616b4da–гидростатическое давление, МПа;

htmlconvd-YTKc0C_html_m6ca587bd–коэффициент горизонтальных нагрузок;

htmlconvd-YTKc0C_html_m101685ec–расчетное динамическое давление, МПа.

Рис. 4.2 Результат нагружения давлением(5 атмосфер)

# 5. Определение собственных частот и форм колебаний бака с жидкостью.

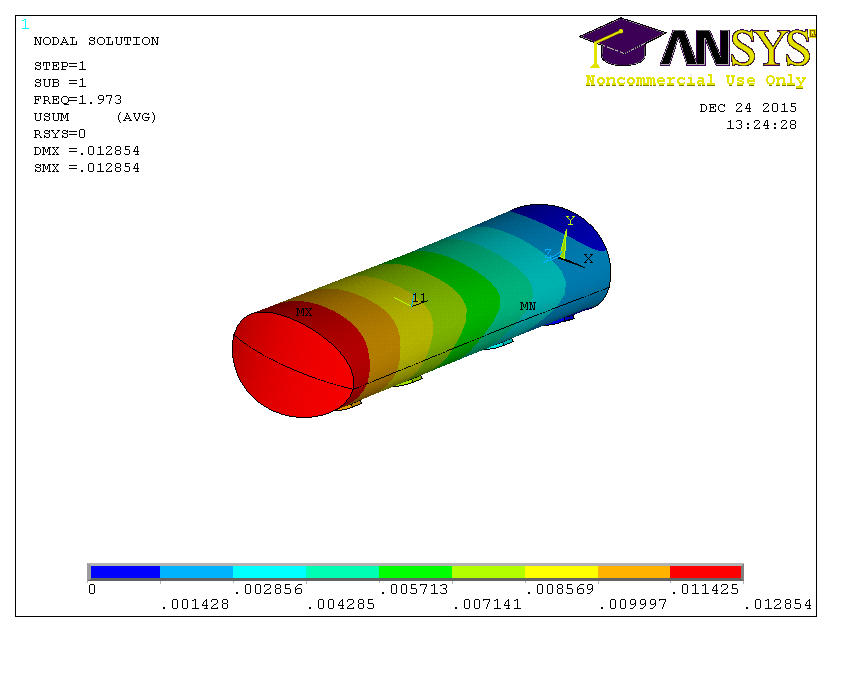


Рис. 5.1 Напряженно-деформированное состояние цистерны на 1ой частоте

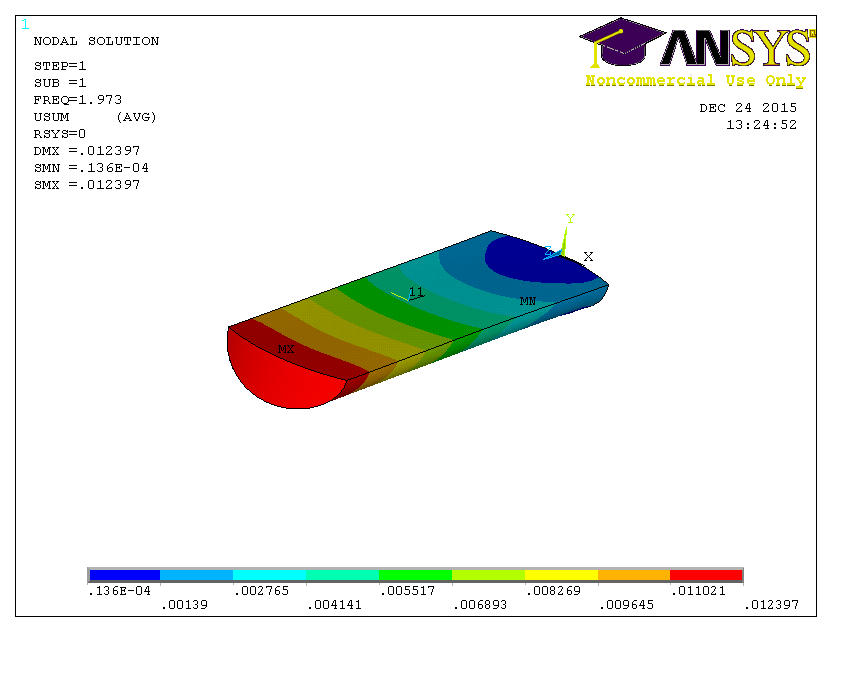


Рис. 5.2 Напряженно-деформированное состояние жидкости в цистерне на 1ой частоте

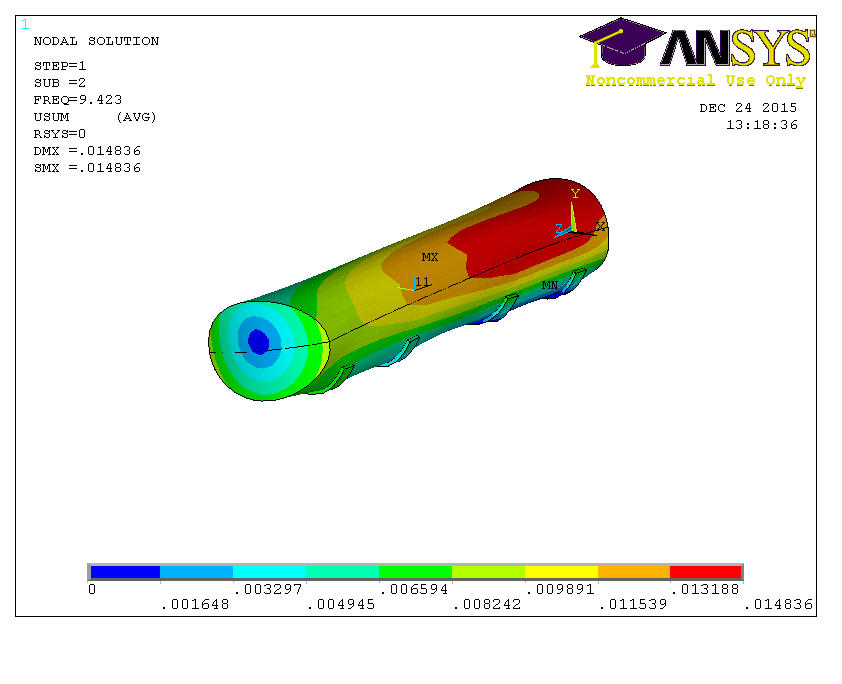


Рис. 5.3 Напряженно-деформированное состояние цистерны на 2ой частоте

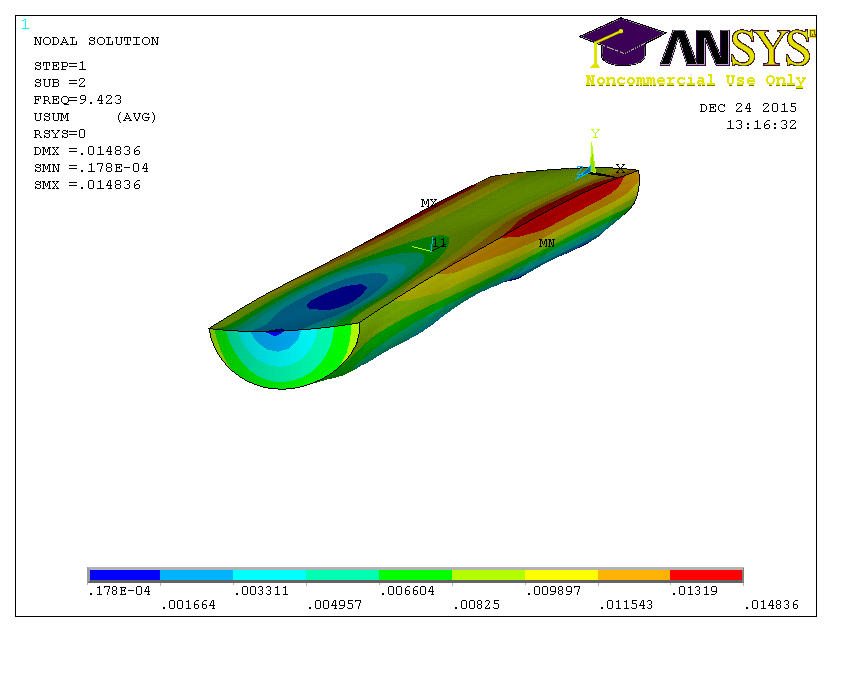


Рис. 5.4 Напряженно-деформированное состояние жидкости в цистерне на 2ой частоте

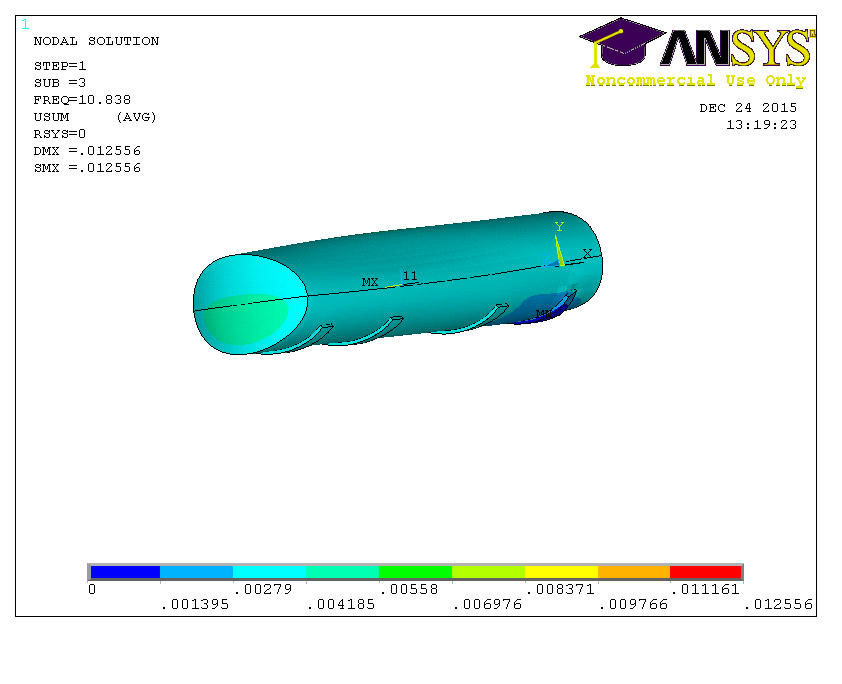


Рис. 5.5 Напряженно-деформированное состояние цистерны на 3ей частоте

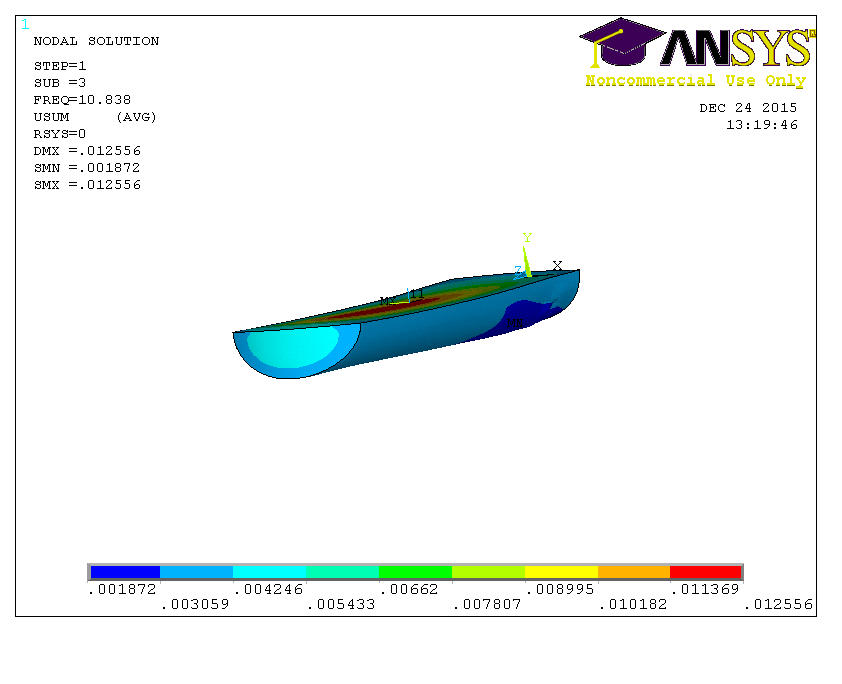


Рис. 5.6 Напряженно-деформированное состояние жидкости в цистерне на 3ей частоте

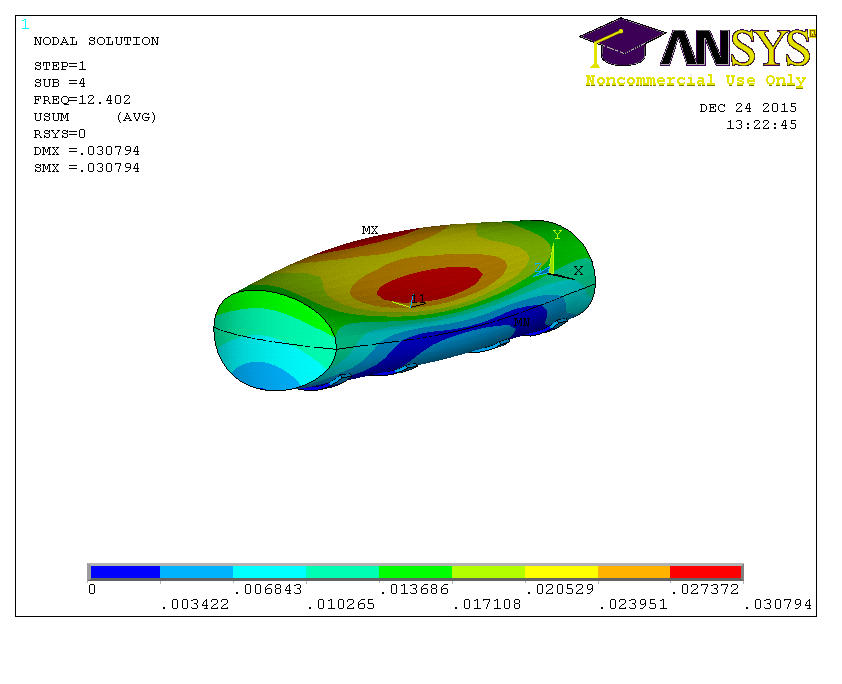


Рис. 5.7 Напряженно-деформированное состояние цистерны на 4ой частоте

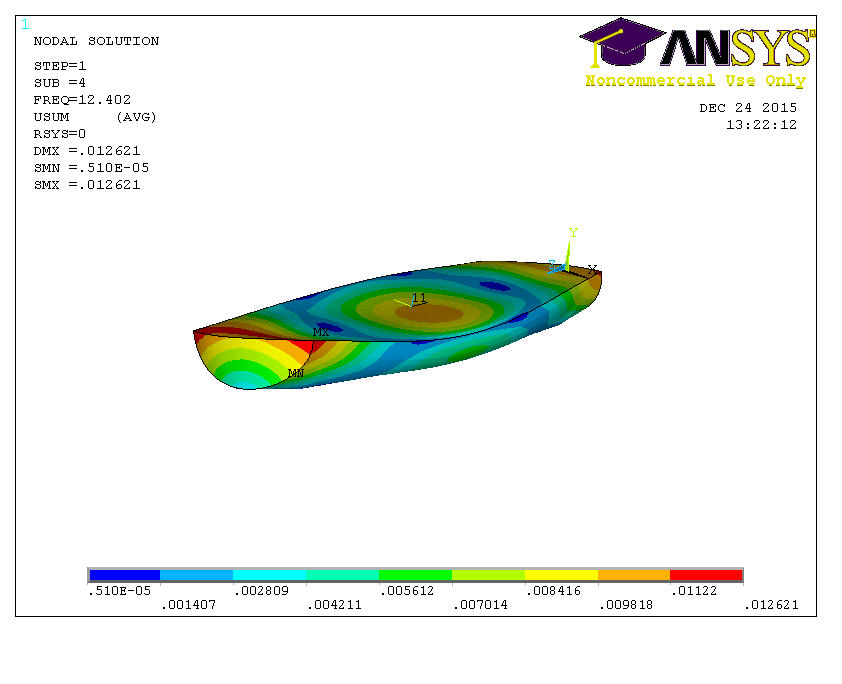


Рис. 5.8 Напряженно-деформированное состояние жидкости в цистерне на 4ой частоте

Таким образом с помощью ANSYS были рассмотрено поведение бака с жидкостью, а также самой жидкости отдельно, под воздействием собственных частот колебаний оболочки бака и самой жидкости.

# 6. Устойчивость под действием массовых сил

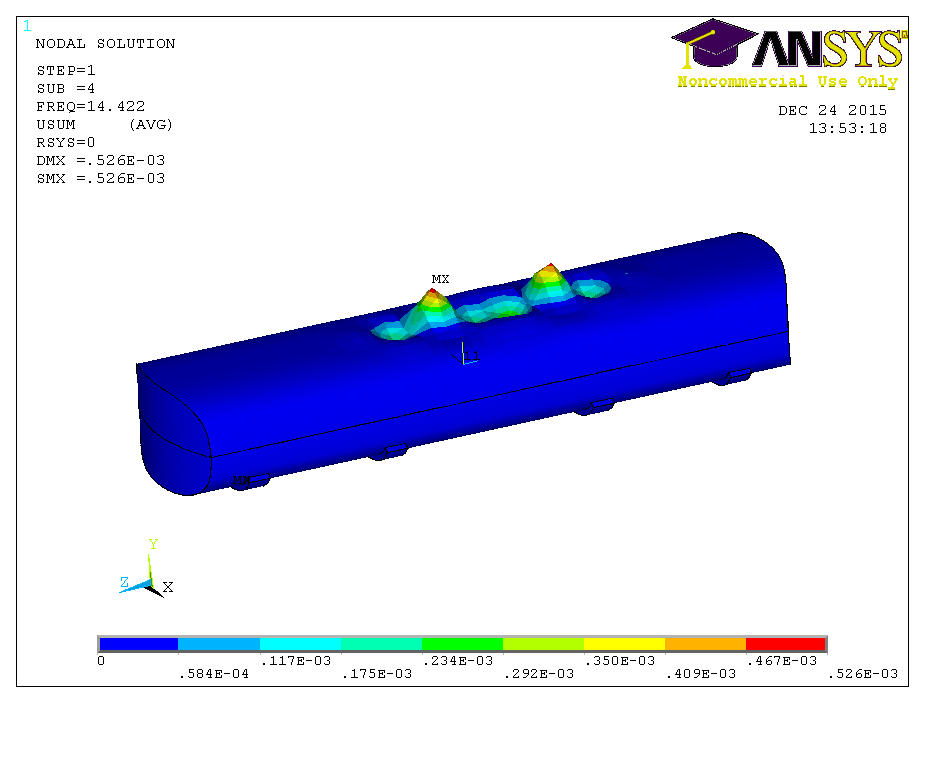


Рис. 6.1 Результат расчета устойчивости цистерны под действием массовых сил

Если [собственная частота](http://mash-xxl.info/info/6468) [малых колебаний](http://mash-xxl.info/info/15490) жидкости в цистерне выше [собственной частоты колебаний](http://mash-xxl.info/info/112209) корпуса, то возрастание до [определенного предела](http://mash-xxl.info/info/167522) [амплитуды колебаний](http://mash-xxl.info/info/6145) сопровождается сближением частот и, следовательно, уменьшением устойчивости. Это приводит к [принципиальной возможности](http://mash-xxl.info/info/694390) появления жестких режимов [потери устойчивости](http://mash-xxl.info/info/16664), при которых система в [линейном приближении устойчива](http://mash-xxl.info/info/717845), а [собственная частота](http://mash-xxl.info/info/6468) [малых колебаний](http://mash-xxl.info/info/15490) жидкости в баке меньше [собственной частоты](http://mash-xxl.info/info/6468) корпуса. Если же [собственная частота колебаний](http://mash-xxl.info/info/112209) жидкости в баке (необязательно малых) ниже [собственной частоты колебаний](http://mash-xxl.info/info/112209) корпуса, то возрастание [амплитуды колебаний](http://mash-xxl.info/info/6145) приводит к увеличению расстройки частот и. следовательно, способствует стабилизации системы.

# Список использованной литературы

1. ГОСТ 14249-89 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность»
2. Динамика цистерн (вагонов и контейнеров) при продольных ударах и переходных режимах движения поездов, Богомаз Г.И., Ленинград, 1990 г.
3. Ай Мин Вин, Темнов А.Н. О движении твёрдого тела с криогенной жидкостью // Наука и образование. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. 2013.
4. Копачевский Н.Д., Темнов А.Н. Колебания идеальной стратифицированной жидкости в цилиндрическом бассейне при переменной частоте плавучести // Дифференциальные уравнения. 1988. Т. 24.С. 1784-1796.