

Работа выполнена в рамках гранта БРФФИ Ф11М-060 “Совершенствование методов расчета на устойчивость и колебания гофрированных и слоистых тонкостенных конструкций” на 2011–2013 гг.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1 Григолюк, Э. И. Многослойные армированные оболочки: расчет пневматических шин / Э. И. Григолюк, Г. М. Куликов. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.

2 Ботогова, М. Г. Свободные колебания слоистых вязкоупругих цилиндрических оболочек / М. Г. Ботогова, Г. И. Михасев, Е. А. Корчевская // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. С, Фунд. науки. Механика. – 2006. – № 10. – С. 125–133.

3 Товстик, П. Е. Устойчивость тонких оболочек: асимптотические методы / П. Е. Товстик. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 320 с.

*E. A. KORCHEVSKAYA, L. V. MARKOVA*

### **FREE VIBRATIONS OF THIN COMPOSITE LAMINATED NON-CIRCULAR CYLINDRICAL SHELLS UNDER EXTERNAL PRESSURE**

In the article free vibrations of thin composite laminated non-circular cylindrical shells under external pressure are considered. Method for the construction of the localized forms of natural vibrations and the definition of the corresponding natural frequencies of the laminated cylindrical shell under external pressure the transverse shears and the “weakest” generatrix on the shell surface into account has been worked out.

Получено 18.04.2012

---

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования  
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012**

---

УДК 629.114.2

*М. Г. КУЗНЕЦОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ЖИДКИХ ГРУЗОВ В РЕЗЕРВУАРАХ С РАЗЛИЧНЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ**

Рассмотрены конструкции перегородок, позволяющие снизить влияние перетекания жидкости на колебания и устойчивость автоцистерн. Приведены некоторые результаты конечно-элементных расчетов перетекания жидкости в цистернах с перегородками, а также распределения гидродинамического давления внутри цилиндрического резервуара.

Высокое расположение центра масс груза над дорогой и возможность перемещения транспортируемого груза относительно резервуара цистерны – это основные особенности перевозки жидких грузов автоцистернами [1]. В

результате аварий с участием транспортных средств, перевозящих жидкие грузы, наносится значительный ущерб подвижному составу и грузам, окружающей среде и здоровью людей. Поэтому обеспечение безопасности движения транспортных средств и сохранности перевозимых грузов является актуальной проблемой в настоящее время. Колебания жидкого груза внутри резервуара приводят к существенному снижению продольной и поперечной устойчивости и управляемости и увеличивают нагрузки на конструкцию цистерны [2]. Как следствие, разрабатываются мероприятия по снижению влияния колебаний жидкости внутри резервуаров транспортных средств на их динамику, основным из которых является установка внутренних перегородок. Цель их использования – это демпфирование продольных и поперечных колебаний жидкости [3]. Перегородки могут устанавливаться горизонтально, вертикально либо под углом к продольной оси цистерны. Также может меняться жесткость демпфирующих устройств.

Обычно в автоцистернах используются два типа перегородок [4]: твердые тела, устанавливаемые перпендикулярно течению жидкости, чтобы менять направление потока, и перфорированные перегородки, используемые в качестве разделителей основного потока и деления его на более мелкие струи.

Цель представленной работы – анализ нелинейных колебаний жидкости внутри транспортного резервуара в среде программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS Workbench.

В работе рассмотрены случаи движения автоцистерны с постоянным замедлением 0,6 g при 50 и 60 % уровнях ее заполнения и начальной скоростью движения 15 м/с. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости был принят равным 0,072 Н/м, что соответствует параметрам воды. Шаг по времени принимался равным 0,01–0,015 с. Предполагалось, что стенки цилиндрического резервуара гладкие. В качестве кинематического граничного условия использовалось условие прилипания.

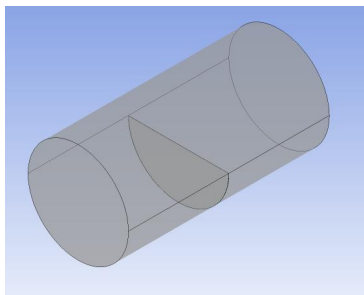


Рисунок 1 –Цилиндрический резервуар с перегородкой

В первом случае в цилиндрическом резервуаре с длиной 4 м и диаметром 2 м установлена сплошная перегородка высотой 1 м, что составляет половину от высоты самого резервуара (рисунок 1). Разработанная модель включала 123962 конечных элементов. Время расчета составило 11 часов.

При моделировании колебаний в резервуаре с такой перегородкой оказалось, что жидкость достигает верхней левой точки за 0,03 с. Распределение гидродинамического давления внутри цилиндрического резервуара для некоторых моментов времени приведено в таблице 1. Из нее видно, что гидродинамическое давление

по сравнению с другими местами увеличено на 25–30 % в области, расположенной вблизи торцевой части резервуара, и превышает  $10^6$  Па.

Таблица 1 – Распределение гидродинамического давления в резервуаре со сплошной перегородкой высотой 50 % от высоты резервуара

Время $t, c$	Положение жидкости в резервуаре	Распределение гидродинамического давления в резервуаре
0,03		
0,05		
0,1		

Также в рассматриваемом резервуаре может быть установлена поперечно расположенная перфорированная перегородка. Нами выполнены расчеты перетекания жидкости в для случаев различных размеров отверстий. Например, модель, разработанная для диаметра перфорации перегородки 15 см (рисунок 2), имеет 364196 конечных элементов. Распределение гидродинамического давления внутри резервуара для некоторых моментов времени показано в таблице 2. В начале торможения наибольшее гидродинамическое давление возникает в месте

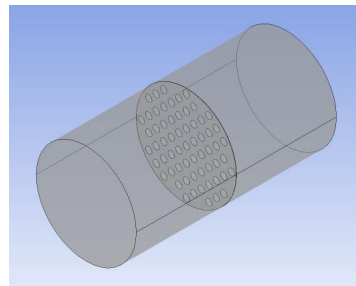
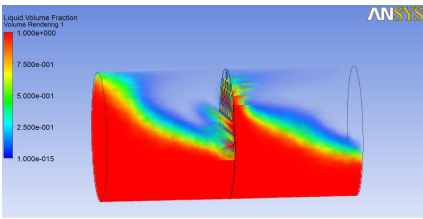
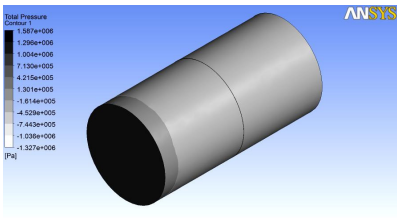
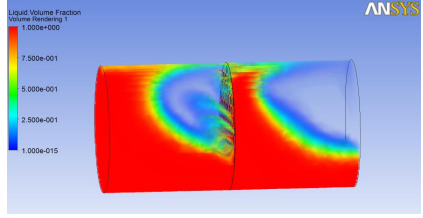
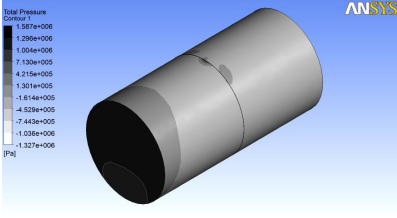
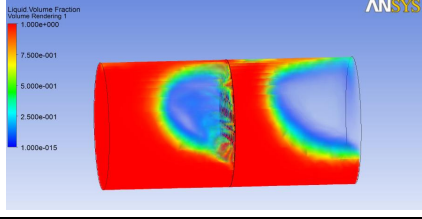
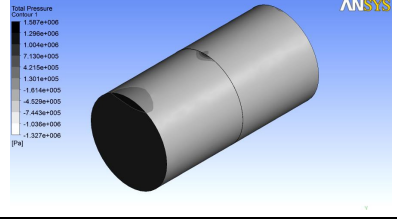


Рисунок 2 – Модель резервуара с перфорированной перегородкой

соединения боковой стенки и торца цистерны, а затем локальные области повышенного давления появляются в области установки перегородки. В этих местах максимальные значения гидродинамического давления составляют около  $1,2 \cdot 10^6$  Па, что на 87 % больше максимальных давлений, возникающих в торце резервуара.

Таблица 2 – Распределение гидродинамического давления в резервуаре с перфорированной перегородкой для диаметра перфорации 15 см

Время $t$ , с	Положение жидкости в резервуаре	Распределение гидродинамического давления в резервуаре
0,04		
0,05		
0,1		

Анализ полученных результатов показал, что при диаметрах перфорации, не превышающих 5 см, поведение жидкости в цистерне с перфорированной перегородкой практически не отличается от случая движения при сплошной перегородке, разделяющей резервуар цистерны на два отдельных отсека. При размерах перфорации, больших 5 см, наблюдается существенное увеличение диссипации энергии колебательного движения жидкости, что свидетельствует о более эффективной работе перфорированных перегородок по сравнению со сплошными.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Высоцкий, М. С.** Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плескачевский, А. О. Шимановский. – Мн.: Белавтотракто-ростроение, 2006. – 320 с.

2 **Шимановский, А. О.** Исследование продольной динамики цистерн, частично заполненных жидкостью // Восьмой всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, Пермь 23-29 августа. Аннотации докладов. – Екатеринбург: УрО-РАН, 2001. – С. 609–610.

3 **Biswal, K. C.** Free-vibration analysis of liquid-filled tank with baffles / K. C. Biswal, S. K. Bhattacharyya, P. K. Sihna // Journal of Sound and Vibration. – 2003. – Vol. 259, № 1. – P. 177–192.

4 **Van der Walt, J. J.** To baffle or not to baffle – some baffled solutions / J. J. van der Walt // Proceedings WISA 2000 Biennial Conference 28 May – 1 June 2000. – Sun City, South Africa. – P. 117–125.

*M. G. KUZNIATSOVA*

## SIMULATION OF OSCILLATIONS FOR LIQUID CARGO IN TANKS WITH DIFFERENT PARTITIONS

The design of some partitions helping to reduce the impact of liquid flow on the vibrations and stability of tank trucks has been examined. There are given some results of the finite element computations for the liquid flow in tanks with partitions as well as the distribution of the fluid pressure inside the cylindrical tank.

Получено 18.04.2012

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования  
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012**

---

УДК 539.4

*А. В. КРУГЛОВ, М. А. НОЗДРИН*

*Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина,  
Россия*

## ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ В СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В основе эффекта памяти формы (ЭПФ) большинства сплавов лежат термоупругие мартенситные превращения. Такие материалы находят все большее применение в различных отраслях науки и техники. Одним из примеров является использование различных имплантатов из сплавов с ЭПФ. В работе предложена методика расчета пространственной стержневой конструкции, которая позволяет моделировать, в частности, эндопротез межпозвоночного диска. Приведен алгоритм процесса установки эндопротеза с разработкой расчетных схем на каждом этапе вычислений. В основе расчетов лежит создание конечно-элементной модели. Для получения напряжений, действующих в узлах модели, используется метод переменных параметров упругости. При расчете