

Экспорт полученных контактных давлений в виде входного файла силовых граничных условий в математическую модель для определения напряженно-деформированного состояния элементов кузова вагона позволит выполнить расчет его прочности с учетом ряда особенностей нагруженности сыпучим грузом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сенько, В. И. Численный анализ нагруженности кузова вагона бункерного типа сыпучим грузом / В. И. Сенько, А. В. Пуцято, С. В. Шестаков // Механика-2009 : сб. науч. тр. IV Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике ОИМ НАН Беларуси, 22–24 дек. 2009 г., Минск, Беларусь. – Минск : ОИМ НАН Беларуси, 2009. – С. 228–233.
- 2 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ. ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
- 3 Пуцято, А. В. Моделирование статической и динамической нагруженности кузова вагона сыпучим грузом / А. В. Пуцято // 36. наук. прац. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 82. – С. 99–104.

УДК 629.463.3

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОБОЛОЧКИ КОТЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ С ЖИДКОСТЬЮ

А. В. ПУЦЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Собственным колебаниям оболочек, а также собственным колебаниям жидкости в резервуарах с абсолютно жесткими стенками посвящено большое количество работ. В то же время менее изучен вопрос о совместных колебаниях жидкости и оболочки при их взаимодействии.

Целью работы является оценка частоты собственных колебаний оболочки котла вагона-цистерны, нормативно заполненного жидким грузом. Достижение поставленной цели выполнено с использованием подхода, предложенного в [1]. Этот подход основан на совместном решении задач гидродинамики и прочности на каждом заданном шаге времени методом конечных элементов. Так, на первом шаге выполняется расчет прочности металлоконструкции котла при гидростатическом давлении. Затем полученные на этом шаге деформации передаются в модуль для расчета гидродинамики жидкого груза с учетом перемещений соответствующих узлов поверхности взаимодействия. Найденные силы в узлах поверхности взаимодействия (давление жидкости) передаются в прочностной модуль, и выполняется расчет с системой сил, соответствующей новому положению жидкого груза. Далее информация о деформации конструкции передается в модуль для расчета гидродинамики, и цикл расчетов и обмена информацией повторяется до заданного конечного времени.

Для определения частот собственных колебаний оболочки котла рассмотрен процесс соударения вагонов. В качестве объекта исследования принят котел железнодорожной цистерны модели 15-1443, заполненный водой, которая в начальный момент времени принималась неподвижной, с плоской свободной поверхностью.

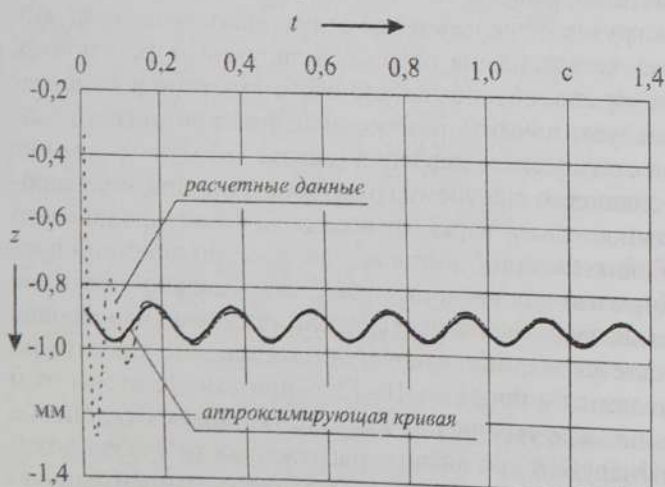


Рисунок 1 – Временная зависимость перемещений узла котла и соответствующая аппроксимирующая кривая

В результате выполненных расчетов получены результаты напряженно-деформированного состояния котла для любого момента времени (в соответствии с принятым шагом). Для любого узла сетки конечных элементов оказался доступным массив данных, содержащий его перемещения по трем координатным осям. Характерный вид временной зависимости указанных перемещений представляет собой кривую весьма тесно аппроксимируемую функцией вида $x(t) = x_0 + Ae^{-\eta t} \sin(\pi(t-b)/c)$. На рисунке 1 приведена временная зависимость перемещений узла оболочки котла, расположенного в верхней части цилиндрической обечайки по направлению вертикальной оси Z, а также соответствующая аппроксимирующая кривая.

Аппроксимация приведенной зависимостью перемещений узлов котла цистерны позволили определить минимальную собственную частоты котла с жидкостью равную 5,2 Гц. По мере уменьшения плотности перевозимого груза значение собственной частоты увеличивается. Для сравнения собственная частота порожнего котла в результате расчета методом конечных элементов получена равной около 18 Гц, что хорошо согласуется с результатами, приведенными в [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сенько, В. И. Совершенствование конструкций вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / В. И. Сенько, А. В. Путьто // Вестник ВНИИЖТ. – 2010. – Вып. № 3. – С. 9–13.
- 2 Шаринов, И. Л. Свободные колебания оболочек котлов железнодорожных цистерн, содержащих жидкость / И. Л. Шаринов // Вестник ВНИИЖТ. – 1982. – Вып. № 3. – С. 38–41.

УДК 629.463.3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ С ЖИДКОСТЬЮ ПРИ УДАРЕ

А. В. ПУТЯТО, Е. О. ЖЕЛЕЗКО, А. Д. ДУДКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Среди огромного объема перевозимых грузов значительную часть занимают сыпучие грузы, перевозимые, главным образом, в полувагонах, крытых вагонах и вагонах бункерного типа. В процессе эксплуатации кузова этих вагонов подвергаются значительным динамическим воздействиям со стороны транспортируемого груза.

Целью работы является оценка продольной динамики 4-осной железнодорожной цистерны с частичным заполнением котла жидкостью при рассмотрении случая соударения вагонов с использованием современных программных средств моделирования и расчета конструкций. Достижение поставленной цели осуществлено в два этапа. На первом этапе выполнен гидродинамический анализ транспортируемой жидкости в котле цистерны при ее ударном нагружении. На втором этапе, используя в качестве исходных данных результаты гидродинамического анализа жидкого груза, рассмотрена задача продольной динамики вагона-цистерны в указанном случае нагружения.

Для анализа поведения жидкости в котле цистерны в программном комплексе ANSYS создана конечно-элементная модель срединной продольной плоскости котла. Построенная плоская область автоматически разбивалась на специализированные конечные элементы, предназначенные для выполнения гидродинамических расчетов на основе использования уравнений Навье-Стокса и неразрывности. На внешние узлы рассматриваемой срединной поверхности котла наложено условие Неймана. В модели предусмотрена возможность изменения характеристик перевозимого жидкого груза (плотность, вязкость), а также рассмотрения различного заполнения котла. Для моделирования поведения жидкости при соударении вагонов к модели приложено продольное ускорение 3,5g, рекомендованное «Нормами для расчета вагонов...». Описанная расчетная модель является параметрической, что позволяет в кратчайшие сроки выполнить моделирование любой геометрии котла с любым наливом жидкости.

Проведя серию расчетов на созданной математической модели для случая транспортировки дизельного топлива и варьируя уровнем заполнения котла жидкостью, получены положения жидкой фракции в котле для различных моментов времени и заполнения.

Для определения результирующей силы, действующей на котел цистерны от перетекающей жидкости, в первую очередь поставлена задача определения закона движения центра масс жидкой фракции для различных наливов. С этой целью рассчитывались координаты центра масс жидкости с шагом 0,06 с на протяжении 0,6 с. Для последующего использования полученных временных зависимостей построенные кривые с высокой достоверностью аппроксимированы степенными полиномами. Далее дифференцируя дважды по времени полиномы, получены законы изменения ускорения центра масс жидкого груза для различных наливов котла. Умножая получаемые результаты ускорений для различных моментов времени на массу жидкости, получен массив результирующих сил, действующих от жидкости на котел, для различных моментов времени и наливов.

Исследование динамики вагона-цистерны выполнялось с использованием программы «Универсальный механизм» разработки Брянского государственного технического университета, позволяющей моделировать динамику твердых тел. Для решения поставленной задачи использована компью-