

ческого чертежа детали, формирование индивидуального технологического процесса в диалоговом режиме с использованием справочных баз данных.

Центральным компонентом программного комплекса «КОМПАС» является система управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Support Management) ЛОЦМАН:PLM. Система корпоративного уровня ЛОЦМАН:PLM обеспечивает накопление, хранение и управление всей информацией и документацией, необходимой для проектирования, изготовления и эксплуатации продукции, выпускаемой предприятием. На этапе подготовки производства обеспечивается накопление данных по результатам конструкторско-технологического проектирования и обмен информацией между инженерными службами. Утвержденная документация передается в другие службы предприятия для материально-технического обеспечения, производства и эксплуатации выпускаемой техники.

В результате использования комплекса «КОМПАС» обеспечивается превращение электронных данных о дорожно-строительной машине в важнейший бизнес-ресурс предприятия, который обеспечивает разработку и сопровождение конкурентоспособной продукции, сокращая время её выхода на рынок, повышая качество и снижая затраты на проектирование, производство и поддержку. Помимо этого затраты на обучение освоения «КОМПАСа» в вузе в стоимостном выражении обходятся на порядок ниже, чем на предприятии.

УДК 629.463.3

ОЦЕНКА НАГРУЖЕННОСТИ КУЗОВА ВАГОНА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ГРУЗОМ

А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Рассмотрены особенности продольной динамической нагруженности кузова вагона для перевозки минеральных удобрений модели 19-9774 (разработка РУПП «БелАЗ») на основе конечно-элементной модели, приведенной в [1]. В качестве физического уравнения состояния сыпучей среды принята модель упруго-идеальнопластического материала, которая согласно многочисленным экспериментам с различными типами сыпучих сред при различных режимах нагружения позволяет получать результаты с достаточной для практических приложений точностью. Численная реализация разработанной математической модели выполнена с использованием программного комплекса ANSYS. Свойства материала сыпучего груза представлены следующими характеристиками: плотность сыпучего груза $\gamma = 1300 \text{ кг/м}^3$; угол естественного откоса $\varphi = 380$; модуль упругости $E = 106 \text{ Н/м}^2$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,27$; величина когезии $c = 20000 \text{ Н/м}^2$; угол дилатансии – 380 (ассоциированный закон течения). С целью учета сцепления сыпучего груза с твердыми стенками кузова решалась контактная задача с коэффициентом трения в границе раздела «сыпучий груз – металл», равным 0,3.

Задача оценки нагруженности кузова вагона грузов решалась в два этапа. На первом этапе выполнялся расчет статической осадки груза в кузове вагона, на втором, базируясь на результатах первого этапа, выполнялся расчет с учетом системы сил, обусловленной особенностями рассматриваемого режима движения. Для первого этапа следует отметить разброс значений контактного давления с последующей стабилизацией к величине статического давления (осадка груза), что говорит о важности выбора временного диапазона, позволяющего сыпучему грузу «осесть». При моделировании второго этапа, начинающегося с 30 с, выполнялось варьирование величиной продольного ускорения от 0 до $3,5g$, где g – ускорение свободного падения. Установлено, что при действии продольного ускорения $3,5g$, рекомендованного «Нормами для расчета...» [2], максимальное давление практически по всей высоте торцевой стены реализовывается в первые доли секунды (мгновенное приложение ускорения), а затем несколько снижается и стабилизируется. Отклонение максимального значения давления от установившегося находится в пределах 10–12 % при высоте стены от 0 до $0,5h_{тс}$, где $h_{тс}$ – высота торцевой стены. Далее, по мере увеличения высоты, указанное отклонение возрастает на порядок. Подобный эффект был обнаружен при анализе нагруженности кузова полувагона [3], где динамический анализ движения сыпучего груза позволил выявить относительную подвижность верхнего слоя груза при больших градиентах продольного ускорения. Следует отметить, что расчеты при различных значениях продольного ускорения показали сглаживание указанного эффекта по мере снижения ускорения.

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. Пуятю, 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 Пуятю, А. В. Моделирование статической и динамической нагруженности кузова вагона сыпучим грузом / А. В. Пуятю // 36. науч. прац. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 82. – С. 99–104.

УДК 629.463.3

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОБОЛОЧКИ КОТЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ С ЖИДКОСТЬЮ

А. В. ПУЯТЮ

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.

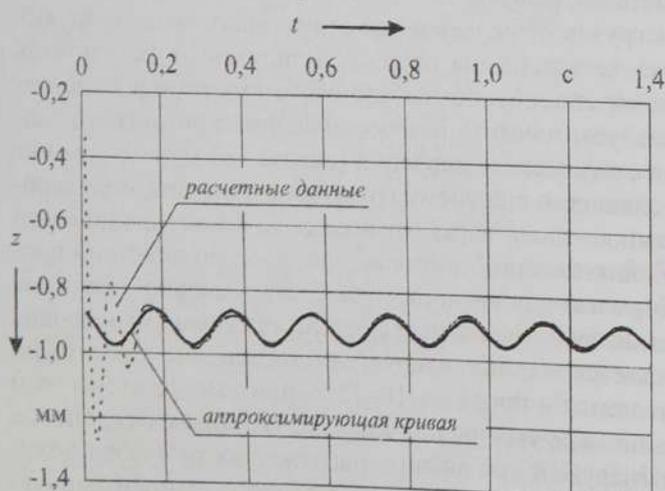


Рисунок 1 – Временная зависимость перемещений узла котла и соответствующая аппроксимирующая кривая

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.