

$$\text{Тр } 1.5 + \text{Тр } 2.5 + \text{Тр } 3.3 = 1,8 + 1,2 + 0,599 = 3,599$$

$$\text{Тр } 1.5 + \text{Тр } 2.3 + \text{Тр } 3.3 = 1,8 + 0,98 + 0,599 = 3,327$$

$$\text{Тр } 1.5 + \text{Тр } 2.5 + \text{Тр } 3.1 = 1,8 + 1,2 + 0,49 = 3,49$$

Таким образом, определены наилучшие (подчеркнутые) варианты схем установки на заданной операции.

Таблица 4

**Отобранные с помощью таблицы сокращения вариантов
компоненты схемы установки**

База	Установочный компонент	Код
Установочная	Три опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 1.3.
	Три опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 1.5.
Направляющая	Две опоры точечные неподвижные с плоской поверхностью	Тр 2.3.
	Две опоры точечные неподвижные с рифленой поверхностью	Тр 2.5.
Опорная	Опора точечная неподвижная с плоской поверхностью	Тр 3.1.
	Опора точечная неподвижная с рифленой поверхностью	Тр 3.3.

Процесс проектирования схемы установки по указанному алгоритму автоматизирован с помощью функциональных средств визуальной системы разработки Delphi 5.0 и специализированной библиотеки MSDAC 2.0

Литература

1. Махаринский Е.И., Горохов В.А. Основы технологии машиностроения: Учебник. – Мн.: Выш. шк., 1997. – 423 с.
2. Беляков Н.В., Жемчужный М.И., Махаринский Е.И. Достаточность задания допусков относительных поворотов на чертежах корпусных деталей и проблема синтеза схем базирования //Веснік ВДУ. – 2002. – № 3 (25). – С. 118-123.
3. Беляков Н.В., Махаринский Е.И. Синтез маршрута обработки корпусных деталей машин //Машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 18. /Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – С. 93-98.
4. Махаринский Е.И., Махаринский Ю.Е., Ольшанский В.И. Основы теории проектирования технических систем: Учеб. пособие для студентов вузов. – Витебск: Издательство ВГТУ, 1998. – 236 с.

**КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS**

А.В. Пуцято

*Учреждение образования «Белорусский государственный
университет транспорта», г. Гомель*

Научный руководитель Сенько В.И.

В период эксплуатации железнодорожной цистерны вследствие воздействия окружающей среды, различных факторов, связанных со спецификой динамики наливного подвижного состава, в элементах ее конструкции можно выделить наиболее нагруженные зоны. Статистические данные, собранные на различных участках сети отечественных железных дорог, показывают, что наиболее нагруженными являются:

зоны крепления котла к раме, места расположения опор на тележку (пятник, надпятниковая коробка), упор автосцепки и днища котла цистерны.

Для обеспечения возможности нахождения напряженно-деформированного состояния (НДС) цистерны под действием несимметричных нагрузок, а также с целью учета различных случайных воздействий на нее, разработана уточненная конечно-элементная модель цистерны в программном комплексе ANSYS. Процесс формирования конечно-элементной модели включает следующие этапы: построение геометрической модели, создание сетки конечных элементов, моделирование внешних связей, приложение силовых факторов.

Построение геометрической модели цистерны 15-1443 производилось в пре-процессоре программного комплекса ANSYS с использованием геометрических примитивов и булевых операций: выдавливание, склейка и т. д. Геометрическая модель включает в себя следующие элементы конструкции: котел, раму и элементы крепления котла к раме.

Котел железнодорожной цистерны представляет собой оболочечную конструкцию, к особенностям которой относятся наличие элементов с различными радиусами кривизны, а также присутствие люка, предназначенного для загрузки перевозимого продукта. С целью учета описанных особенностей конструкции котла его объем был разделен на составные части со сходными геометрическими характеристиками.

Рама цистерны представляет собой сложную металлоконструкцию, состоящую из ряда сваренных между собой стандартных профилей и специально разработанных деталей конструкции достаточно сложной геометрической формы. В модель рамы включены хребтовая балка, составленная из двух швеллеров, перекрытых сверху и снизу накладками, шкворневые балки коробчатого сечения, концевые балки, надпятниковые коробки, упоры автосцепки и пятники. Геометрическая модель рамы также была разбита на составные части с целью качественного разбиения на конечные элементы.

При разработке модели цистерны предусмотрено, что крепление котла к раме в средней части представляет собой жесткое соединение с помощью фасонных лап, по консоли имеются дополнительные опоры на деревянные бруски. Учтено наличие стяжных хомутов, предназначенных для предотвращения перемещения котла в местах консольных опор в вертикальной плоскости. Разделение на конечные элементы производилось путем нанесения регулярной сетки с учетом особенностей геометрии каждой составной части. Для конечно-элементного моделирования железнодорожной цистерны модели 15–1443 были использованы три типа конечных элементов: 20-узловой пространственный конечный элемент SOLID 95; 8-узловой пространственный конечный элемент SOLID 46, который предполагает небольшую толщину элемента по сравнению с другими его линейными размерами; 10-узловой треугольный в плане пространственный конечный элемент SOLID 92. В результате построения получена модель, включающая 436 составных частей и 110920 конечных элементов (рис. 1).

Моделирование внешних связей включает в себя опору пятника на подпятник, продольное перемещение ограничено по заднему упору автосцепного устройства.

В качестве исходных данных в модель вводится информация о свойствах материалов (модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность), а также величина гравитационной постоянной, что позволяет учесть силу тяжести конструкции. Подразумевается приложение нагрузок от действия жидкости внутри котла, в виде математической зависимости, а также приложение необходимых усилий к упорам автосцепного устройства.

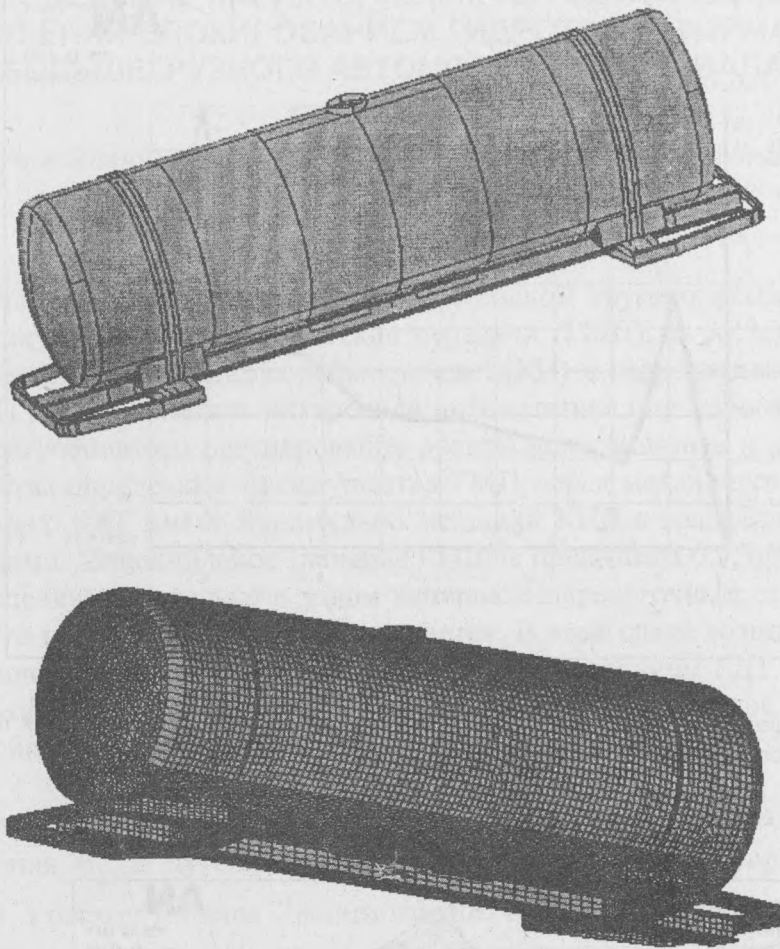


Рис. 1. Геометрическая и конечноэлементная модели железнодорожной цистерны

Для оценки работоспособности разработанной модели выполнен расчет напряженно-деформированного состояния при нормативном нагружении железнодорожной цистерны. Нормативное нагружение подразумевает приложение продольной нагрузки к упору автосцепного устройства, для I режима нагружения она составляет 2,5 МН, и внутреннего давления на стенки котла, представленного в виде суммы двух слагаемых: давления насыщенных паров жидкости и давления гидравлического удара, аппроксимированного линейным законом распределения.

В результате получено несколько областей с максимальными значениями напряжений: зона крепления котла к раме посредством фасонных лап, места консольного опирания котла на раму посредством деревянных брусков, области крепления упора автосцепного устройства и надпятниковой коробки.

На рис. 2 представлена графическая зависимость распределения напряжений по длине фасонной лапы в средней части.

На рис. 3 показано распределение напряжений в нижнем листе консольной опоры котла на деревянные бруски.

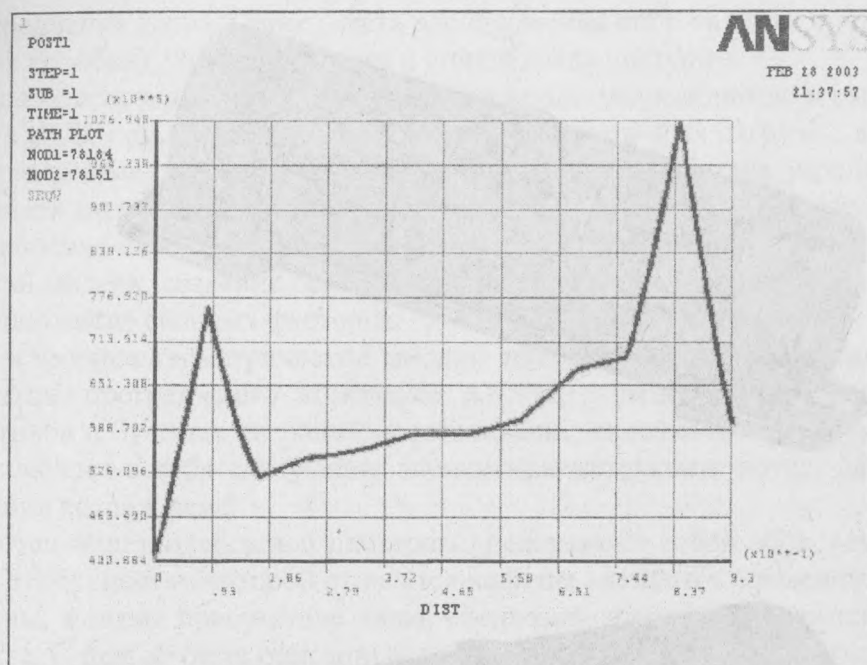


Рис. 2. Графическая зависимость распределения эквивалентных напряжения по Мизесу по длине фасонной лапы в средней части

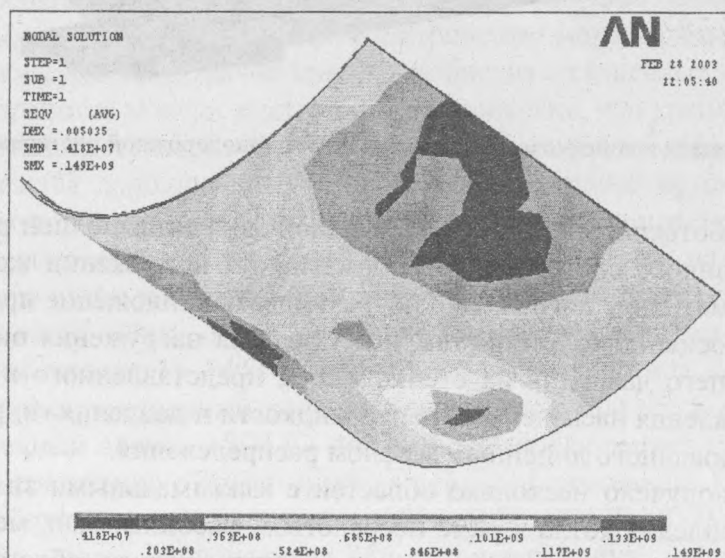


Рис. 3. Распределение напряжений в нижнем листе консольной опоры котла на деревянные бруски

Сравнение результатов расчетов напряжений и деформаций в конструкции цистерны с данными, приведенными в других работах по анализу НДС, отражает работоспособность принятой модели.