

Согласно представленной технической документации длина сопряжения колесной пары тележки Якобса (немоторной) составляет 174 мм, немоторной колесной пары – 186 мм. Минимально допустимая длина сопряжения  $L$  по п. 4.4.8 ГОСТ 4835–2013 составляет  $145i$ , где  $i$  – масштаб диаграммы по длине. Масштаб представленных диаграмм запрессовки составляет  $1/1,53$ . Минимально допустимая длина сопряжения в этом случае  $L = 145/1,53 = 94,8$  мм. Длина сопряжения колеса и оси у немоторной колесной пары и колесной пары тележки Якобса значительно превышает минимально допустимую длину сопряжения (94,8 мм) и составляет соответственно 186 и 174 мм. Минимально допустимая длина сопряжения обеспечивается даже без учета первых 6 мм запрессовки.

Для моторной колесной пары фактическая длина контакта колеса и оси составляет 181 мм. Дополнительное максимальное продвижение ступицы согласно конструкторской документации составляет до 5 мм. Тогда теоретическая длина диаграммы запрессовки должна быть от 181 до 186 мм. Однако по диаграмме длина запрессовки составляет 190 мм. В результате в начальный период запрессовки на длине от 4 до 9 мм происходит центровка колеса относительно оси, что сопровождается скачком усилия запрессовки. Таким образом, можно констатировать, что на длине от 4 до 9 мм происходит предварительная запрессовка колеса на ось.

**Вывод.** Формирование колесных пар сопровождается скачком усилия в начальный период запрессовки на длине от 4 до 9 мм, который принимает большие значения для европейских колесных пар, что определяется отличиями в геометрии заходной фаски колеса и оси. На этом расстоянии происходит центрирование колеса относительно оси в условиях предварительной запрессовки, что не противоречит требованиям стандартов Таможенного союза.

УДК 621.869.88

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ТАНК-КОНТЕЙНЕРА Т11 ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ НА ДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

*С. В. МАКЕЕВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Прочностная надежность контейнеров напрямую связана с безопасностью, поэтому исследование их напряженно-деформированного состояния (НДС) является актуальной задачей, которую необходимо решать с высокой степенью достоверности получаемых результатов при различных видах внешних воздействий.

Развитие численных методов анализа, и в первую очередь метода конечных элементов (МКЭ), позволяет получать точные решения для достаточно сложных объектов. К таким объектам относятся и танк-контейнеры, воспринимающие в эксплуатации значительные статические и динамические нагрузки.

В настоящей работе, с целью снижения времени дальнейших расчетов, выполнено исследование влияния густоты конечно-элементной сетки на точность расчета НДС прототипа танк-контейнера модели Т11. Расчет прочности согласно [2] предполагает 18 расчетных режимов, что немало, особенно если учитывать возможную доработку конструкции на этапе проектирования. Поэтому необходимо выяснить, при какой же дискредитации модели точность расчета будет высокая, но в то же время будет требоваться меньше вычислительной мощности. На данном этапе исследований учитывался наиболее неблагоприятный режим эксплуатации контейнеров – ударное продольное воздействие в платформу при действии нормативной нагрузки.

Так как танк-контейнер образует пространственную конструкцию, имеющую достаточно тонкие стенки по сравнению с характерными размерами всего объекта, то при создании модели будем использовать плоские треугольные 3-узловые и четырехугольные 4-узловые пластины (в пакете DSMFem типы P3 и P4 соответственно).

В качестве первого варианта расчета использовались пластинчатые конечные элементы с довольно грубой разбивкой. Данная конечно-элементная модель имела 53167 узлов и 48368 конечных элементов. Имелась неравномерная разбивка по конструктивным группам конструкции.

В результате расчета были получены данные об эквивалентных напряжениях, перемещениях, выявлены зоны концентрации напряжений, а также зоны с большой относительной разницей напряжений в смежных элементах. Влияния величины конечных элементов на точность получае-

мых результатов наблюдались непосредственно в указанных зонах концентрации напряжений. Качество сетки повышалось последовательным уменьшением размера конечных элементов до тех пор, пока шаг уменьшения площади конечных элементов в сетке соответствовал малому приращению значения максимального эквивалентного напряжения в рассматриваемом узле.

Уменьшение площади конечного элемента (увеличении густоты разбивки) независимо от его формы (типа) ведет к увеличению значений напряжений до определенного уровня. Дальнейшее сгущение конечно-элементной сетки не приводит к значительному уточнению возникающих максимальных напряжений, однако существенно увеличивает время расчета.

Последняя редакция модели танк-контейнера имела 70810 узлов и 67874 конечных элемента, время расчета при этом выросло в 3,5 раза по сравнению с первоначальным результатом. Данную конечно-элементную модель будем считать эталонной с точки зрения получения достоверных данных НДС конструкций танк-контейнеров (рисунок 1).

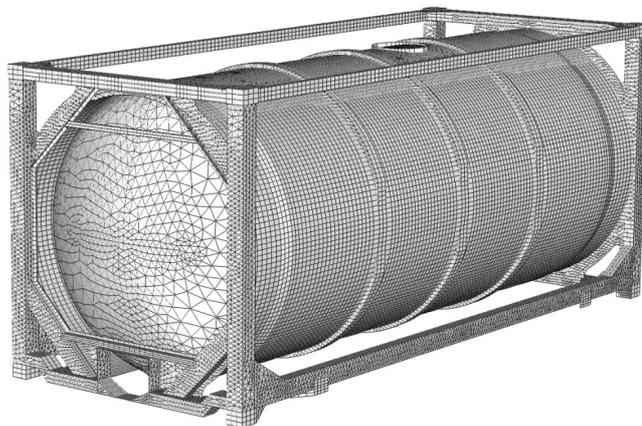


Рисунок 1 – Обоснованная расчетная модель танк-контейнера

Выполнена оценка влияния густоты сетки на точность расчета НДС. Проведена серия многовариантных расчетов конечно-элементных моделей прототипа танк-контейнера, отличающихся величиной дискретизации сетки конечных элементов, в ходе чего было выявлено, что для получения достаточно точной величины возникающих напряжений в элементах конструкции важную роль играет правильность разбиения геометрической модели танк-контейнера конечными элементами. Использование крупной сетки приводит к получению заниженных значений напряжений. При уменьшении размера конечного элемента в 4,5 раза с образованием 70810 степеней свободы значения напряжений могут увеличиваться на 20 % в одном и том же узле. Это, в свою очередь, может оказывать влияние на правильность принимаемых технических решений на этапе проектирования контейнеров-цистерн, а впоследствии может отразиться и на результатах дорогостоящих натурных испытаний.

Выявлено значительное влияние размера конечного элемента на величину напряжений, особенно в наиболее опасных сечениях конструкции. В зонах с отсутствием концентрации напряжений изменение размера конечного элемента не оказывает существенного влияния на величину напряжений.

Для практических расчетов конструкций танк-контейнеров, получения удовлетворительных результатов рекомендуется использовать в расчетной модели средний размер конечного элемента как треугольного, так и четырехугольного в конструкции рамы со стороной ~30 мм, а для котла ~60 мм.

УДК 629.463

## **РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УДАРНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ПОСТРОЕНИЕ СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ИЦ ЖТ «СЕКО»**

*С. В. МАКЕЕВ, А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Решение задач безопасной эксплуатации подвижного состава на сети железных дорог во многом зависит от обеспечения поглощающими аппаратами заданного уровня сил и хода при заданном значении изменения скорости. При проектировании поглощающих аппаратов эти качества учитываются с использованием традиционных оценок силовой характеристики – энергоемкости, коэффициента полноты силовой характеристики и др.

При приемочных и других видах испытаний поглощающих аппаратов автосцепного устройства грузовых вагонов необходимой задачей является получение и анализ динамических силовых характери-