

Рассмотренная технология моделирования позволяет оперативно выполнять большое количество экспериментов, варьируя как граничные условия, так и геометрические формы деталей и конструкции двигателя. В данном подходе к проектированию и анализу реальной конструкции обеспечивается получение оптимального проектного решения и значительное снижение затрат, связанных обычно с необходимостью проведения натурального эксперимента.

УДК 629.4.027.118

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПРЕССОВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ПО ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ И СТАНДАРТАМ, ДЕЙСТВУЮЩИМ НА ТЕРРИТОРИИ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

В. В. МАКЕЕВ, С. В. МАКЕЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из направлений деятельности Испытательного центра железнодорожного транспорта «СЕКО» (ИЦ ЖТ «СЕКО») является проведение испытаний колесных пар на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» ТР ТС 001/2011. Колесные пары, эксплуатация которых проходит на территории Таможенного союза, должны удовлетворять требованиям ТР ТС 001/2011 и взаимосвязанных с ним межгосударственных стандартов. Требования к моторным колесным парам устанавливаются ГОСТ 11018–2011, а к не моторным – ГОСТ 4835–2013.

В последние годы моторвагонный подвижной состав Белорусской железной дороги пополнился поездами, произведенными на заводах компании Штадлер. Колесные пары для этих поездов были изготовлены в Германии фирмой Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH в соответствии с требованиями европейских норм EN 13260–2011 и поставлены в Республику Беларусь как готовый продукт в составе тележек для сборки электропоездов семивагонных переменного тока компании Штадлер типа FLIRT Belarus IC.

Анализ диаграмм запрессовки колесных пар (моторных, немоторных), изготовленных по европейскому стандарту, позволил выявить отличия требований к форме диаграммы запрессовки. ГОСТ 4835–2013 и ГОСТ 11018–2011 допускает скачок усилия запрессовки в начальной части диаграммы, но не более 49 кН. EN 13260–2011 (приложение А) допускает скачок до 296 кН на длине до 30 мм. Предполагается, что на этой длине колесо окончательно сядет на ось для дальнейшей запрессовки. Допуск по первоначальному скачку в требованиях ГОСТ и EN отличается в 6 раз. Представленные компанией ЗАО «Штадлер-Минск» диаграммы запрессовки показывают, что первоначальный скачок принимает значения от 100 до 160 кН для моторных колесных пар и от 105 до 160 кН – для немоторных. Анализ технологии запрессовки и технической документации на колесные пары, изготовленные согласно EN 13260–2011, позволил выявить возможную причину возникновения первоначального скачка усилия запрессовки. На подступичной части со стороны захода колеса на ось сформирована конусная часть длиной 5 мм с конусностью 6°, шероховатость которой, согласно технической документации, $R_a = 1,6$ мкм, шероховатость подступичной части оси – не более $R_a = 1,6$ мкм. Ось изготовлена из стали с маркировкой EA4T, что соответствует ГОСТ Р 52942–2008. Колеса являются цельнокатаными и изготовлены из стали ER9 согласно EN 13260. Со стороны запрессовки у посадочного отверстия колеса снята фаска $1 \times 45^\circ$. Шероховатость посадочного отверстия колеса – не более $R_a = 3,2$ мкм. В качестве смазки для запрессовки используется дисульфид молибдена (MoS_2).

В то же время оси, изготовленные согласно ГОСТ 22780, имеют плавный заход длиной 7–15 мм с шероховатостью не более $R_a = 1,25$ мкм и с разностью наибольшего и наименьшего диаметров не более 1 мм, что соответствует конусности 2–4°. Описанные отличия геометрических параметров заходной части оси и шероховатости подступичной части оси могут быть причинами более значительного первоначального скачка усилия запрессовки на диаграмме.

Скачок усилия запрессовки колесных пар, изготовленных по EN 13260–2011, приходится на первые 4–6 мм запрессовки. На этом расстоянии происходит предварительная запрессовка колеса на ось.

Для немоторной колесной пары ГОСТ 4835–2013, п. 4.4.4 допускает предварительную запрессовку колес без записи диаграммы. При этом окончательная запрессовка осуществляется с записью диаграммы и обеспечением минимальной длины сопряжения.

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-