

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЙ КОТЛА К РАМЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ

А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта

В процессе эксплуатации элементы конструкции железнодорожной цистерны испытывают значительные динамические нагрузки. Статистические данные о состоянии конструкций цистерн показывают, что к числу наиболее часто встречающихся повреждений относятся возникновение трещин в зоне жесткого крепления котла к раме при помощи фасонных лап, а также появление вмятин в опорной зоне котла, часто сопровождающихся трещинами. В связи с этим имеется необходимость определения напряженно-деформированного состояния в указанных зонах с целью усовершенствования их конструкции. Целью работы явилось уточнение конечно-элементной модели крепления котла к раме. Поставленная задача решалась с использованием программного комплекса конечно-элементного анализа ANSYS.

При моделировании связей были учтены следующие особенности конструкции: жесткое соединение в средней части с помощью фасонных лап и лап хребтовой балки, опоры на деревянные бруски по консольным частям, а также стяжные хомуты для ограничения относительного перемещения котла в вертикальной плоскости. Геометрическое моделирование описанных элементов выполнено с максимальным приближением к реальной конструкции. Наличие деревянных брусков принималось в расчет путем введения в программу информации о соответствующем материале для опорной зоны. Для получения высокой точности результатов была применена регулярная сетка 20 узловых пространственных конечных элементов SOLID 95.

Для оценки НДС описанных зон выполнен расчет при нормативном нагружении, а также при движении цистерны в кривом участке пути. Нормативное нагружение предполагало приложение сосредоточенной продольной силы к упору автосцепного устройства (для I режима нагружения она составляет 2,5 МН) и распределенных сил внутреннего давления на стенки котла, представленного в виде суммы двух слагаемых: давления насыщенных паров жидкости и давления, вызванного гидравлическим ударом, аппроксимированного линейным законом распределения. Расчеты показали, что в местах приварки элементов крепления к раме напряжения близки к пределу текучести материала. Максимальные напряжения в местах консольного опирания котла на раму посредством деревянных брусков составили порядка 190 – 210 МПа.

При движении по кривым с постоянным и переменным радиусами кривизны, сопровождающемся изменением скорости поезда, происходит существенное перераспределение сил, действующих на котел цистерны со стороны колеблющейся в нем жидкости. Вследствие этого расчетная схема в общем случае не будет иметь симметрии. В связи с этим разработан алгоритм приложения нагрузок к котлу железнодорожной цистерны, который учитывает особенности неравномерного движения цистерны по кривой, а также уровень налива и род перевозимого груза.

С целью уточненного определения напряжений в деталях креплений использован метод подмоделей. Его применение дало возможность ускоренного нахождения НДС деталей креплений в случае изменения их конструкции.

Результаты исследований показали, что на напряженно-деформированное состояние рассматриваемых элементов существенное влияние оказывает положение жидкости внутри котла цистерны. При движении по криволинейному участку пути происходит смещение центра масс котла с грузом в поперечном направлении. Это приводит к перераспределению сил, действующих на элементы крепления. В частности, увеличение значений эквивалентных напряжений по Мизесу в местах жесткого крепления котла к раме достигает 20 % по сравнению с нормативным режимом нагрузки, не предусматривающим несимметричность нагружения.

Предложенная уточненная модель и полученные результаты расчетов могут быть использованы при модернизации конструкции узлов железнодорожной цистерны, а также при проектировании новых моделей вагонов наливного подвижного состава.