

Выполнено исследование учета в динамической модели кузова оборудования в виде твердых тел, соединенных с упругой частью элементами крепления. Показано, что по сравнению с «размыванием» оборудования по конечноэлементной схеме предлагаемый учет приводит к повышению напряжений в соответствующих несущих элементах кузова в 2–3 раза.

Рассмотренная методика моделирования продольных соударений пассажирских вагонов в составе поезда позволяет прогнозировать аварийную нагруженность вагона в целом и кузова как упругой системы, оценивать прочность узлов крепления внутреннего и навесного оборудования и выбирать рациональные технические решения, обеспечивающие безопасность движения и безопасность пассажиров.

УДК 629.4

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СВАРНЫХ РАМ ДЛИННОБАЗНЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОТОННАЖНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

В. В. КОБИЩАНОВ, Д. Я. АНТИПИН

Брянский государственный технический университет

В. В. ДВЕРНИКОВ

ОАО «Алтайвагон»

Изложена методика расчетной оценки показателей усталостной долговечности сварных рам длиннобазных платформ для перевозки крупнотонажных контейнеров. В качестве объекта исследования рассмотрена рама длиннобазной платформы для перевозки крупнотонажных контейнеров модели 13-2118 производства ОАО «Алтайвагон».

Несущая способность сварной конструкции рамы платформы оценивалось с помощью детализированной конечноэлементной модели, включающей 54028 трех- и четырехузловых пластинчатых элемента, объединенных в 54732 узлах, и имеющей 328392 степени свободы. Верификация модели осуществлена с использованием результатов статических испытаний от веса трех 20-футовых контейнеров (72 т) и нагружении рамы по осям автосцепок продольными сжимающими усилиями 250 т, проведенных ОАО «Алтайвагон». Сопоставление результатов расчетов нормальных напряжений по сечениям элементов рамы, а также прогиба продольных балок посередине с экспериментальными данными подтвердила адекватность разработанной конечноэлементной модели.

Проведен расчет напряженно-деформированного состояния рамы от нагрузок I и III режимов для случаев загрузки платформы тремя 20-футовыми контейнерами (72 т) и двумя 40-футовыми контейнерами (60,96 т).

Кроме соответствующей экспертной оценки прочности конструкции, детально рассмотрено местное напряженное состояние наиболее нагруженных узлов рамы в консольной части, зонах шкворневой балки и пересечения средней поперечной балки с продольной. Для этого с использованием процедуры поэтапного выделения областей разработаны конечноэлементные модели узлов рамы со сгущением сетки объемных конечных элементов до возможности моделирования геометрии и жесткостных свойств сварных швов.

Конечноэлементная модель зоны соединения средней поперечной балки с продольной балкой и раскосами образована 23993 четырех-, пяти- и шестигранными объемными элементами, объединенными в 4526 узлах, и имеет 269×10^3 степеней свободы; детализированная конечноэлементная модель концевой части, включающая в себя концевую, шкворневую, первую поперечную, хребтовую и консольные части продольных балок сформирована 56762 четырех-, пяти- и шестигранными объемными конечными элементами, объединенными в 102286 узлах, и имеет 613716 степеней свободы. В результате расчетов выделенных областей рамы определены эквивалентные напряжения в наиболее нагруженных сварных соединениях, для которых рассчитаны сроки службы до наступления предельного состояния по признаку усталостного разрушения (усталостная трещина – более 10–15 мм). Расчеты ресурса сварной несущей конструкции платформы осуществлялись с помощью разработанной программы, включающей процедуру уточненного определения коэффициентов концентрации напряжений в зонах сварных соединений.

Рассматривались два варианта перевозки крупнотоннажных контейнеров со скоростями от 6,3 до 33,3 м/с. Расчеты проводились для двух значений принятых коэффициентов запаса сопротивления усталости $[n_y] = 1,5$ и $[n_y] = 1,8$ и среднесуточных пробегах платформы 200 и 500 км. Анализ динамической нагруженности рамы платформы осуществляется в квазистатической постановке по рекомендациям Норм.

Расчеты показали, что схема загрузки платформы двумя 40-футовыми контейнерами является определяющей для ресурса рамы.

Расчетное значение срока службы платформы при среднесуточном пробеге 200 км превысило назначенный срок службы при использовании упрочняющей обработки наиболее нагруженных сварных соединений рам как при перевозке двух 40-футовых контейнеров весом 60,96 т, так и при трех 20-футовых весом 72 т.

При среднесуточном пробеге 500 км и перевозке трех 20-футовых контейнеров весом 72 т максимальный срок службы для принятого коэффициента запаса сопротивления усталости $[n_y] = 1,8$ превысил срок службы до первого капитального ремонта.

Выполнено исследование влияния на ресурс несущей конструкции рамы усиления ее узлов, предложенных ФГУП ВНИКТИ ОАО «РЖД». Для этого в разработанные конечноэлементные модели были введены дополнительные усиления и проведен расчет ресурса сварных соединений в этих зонах.

Сопоставление эквивалентных напряжений в исследуемых зонах рамы с усилениями и без них показывает, что усиливающие элементы приводят к определенному перераспределению напряжений и в ряде случаев – к некоторому снижению нагруженности основных сварных швов. Наибольшее снижение эквивалентных напряжений дают усиления узлов соединения шкворневой балки с продольными (15,3 %), раскоса с продольной и первой промежуточной балками (24,3 %), лобовой и продольной (26 %), лобовой и хребтовой (28,9 %) балок, что дало повышение значений коэффициентов запаса сопротивления усталости n_y сварных соединений на 6–25 %.

Вместе с тем для сварных соединений нижнего листа шкворневой балки с полкой продольной балки, нижнего листа лобовой балки с хребтовой и раскоса с первой промежуточной балкой коэффициенты запаса сопротивления усталости исходного варианта конструкции (без усиления) значительно превышают допускаемые Нормами величины и введение усиления здесь нецелесообразно.

Достоверность предлагаемой методики расчета показателей усталостной долговечности сварной рамы рассматриваемой длиннобазной платформы проверялась на основе результатов ее усталостных испытаний, выполненных ОАО «Алтайвагон».

УДК 64.066.88; 621.833

О СИСТЕМАТИЗАЦИИ КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

В. В. КОМИССАРОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Зубчатые колеса являются высоконагруженными силовыми системами и относятся к компонентам ответственного назначения, имеющим общетехническое применение. Безопасность и надежность их эксплуатации обычно лимитируют долговечность всего изделия. Поэтому вопрос о критериях повреждаемости зубчатых колес имеет особое значение. В большинстве случаев долговечность и надежность зубчатых передач ограничивается изгибной и контактной прочностью зубьев. При этом для оценки и обеспечения надежности используют различные критерии усталостного и контактного разрушений. Под критерием таких разрушений понимают комплекс признаков, характеризующих возникшее повреждение.

Согласно ГОСТ 25.502–79 «Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость» критериями предельного состояния при сопротивлении материала изгибной усталости принимают критическую длину усталостной трещины либо разрушение (разделение на 2 части) испытываемой модели (детали).