

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВА ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ПАРАМЕТРОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Д. Я. АНТИПИН

Брянский государственный технический университет

В процессе эксплуатации несущие конструкции кузовов вагонов подвергаются постоянному и интенсивному воздействию динамических нагрузок, приводящих к усталостным трещинам и снижению несущей способности конструкций. Поэтому оценка усталостной долговечности является важным фактором, определяющим ресурс вагона, время между плановыми ремонтами и, в конечном счете, влияющим на безопасность движения, что особенно важно для пассажирского подвижного состава.

Кузова вагонов являются сварными конструкциями, вследствие чего их усталостная долговечность зависит от усталостной прочности сварных швов. В свою очередь, на усталостную прочность сварных швов в значительной степени влияет уровень концентрации напряжений, обусловленной геометрическими параметрами швов, регламентируемыми ГОСТами. Однако на практике при использовании ручной дуговой, автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, являющихся основными типами сварки в кузовах пассажирских вагонов, точное соблюдение регламентируемых параметров швов достаточно сложно и они могут значительно отличаться от номинальных. В связи с этим в работе было проведено исследование влияния геометрии сварного шва на усталостную долговечность кузовов пассажирских вагонов.

Анализ усталостной долговечности сварной несущей конструкции кузова проводится в рамках модели многоциклового усталости на основе линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений при случайном нагружении и учете степенной аппроксимации кривой усталости материала и распределения мгновенных значений случайных величин, близких к нормальному.

В качестве источников повреждающего воздействия принимались спектры динамических эквивалентных напряжений гипотезы энергии формоизменения Мизеса. Определение указанных напряжений предполагается проводить с помощью методики, основанной на уточненной поэтапной теоретической оценке динамического напряженного состояния с использованием методов математического моделирования и теории упругости. На первом этапе определяются динамические нагрузки, передаваемые тележками вагона на кузов при движении вагона с определенной скоростью по реальному пути (неровности задаются по рекомендациям ВНИИЖТа) с помощью динамической модели в виде системы связанных твердых тел. Рассматривалось движение вагона с конструкционной скоростью 55,5 м/с по прямому участку в течение 10 с. Формирование динамической модели и ее расчет проводился в среде программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм», разработанного в БГТУ. На втором этапе расчет кузова выполняется на основе детализированной упруго-диссипативной конечно-элементной модели. Решение проводится методом непосредственного интегрирования уравнений узловых перемещений с помощью промышленного программного комплекса, реализующего метод конечных элементов. Схематизация спектров динамических эквивалентных напряжений и их статистическая обработка выполняются по методу полных циклов, в результате чего получаются функции распределения амплитуд напряжений.

В качестве объекта исследования выбрана несущая конструкция кузова скоростного пассажирского вагона модели нового поколения 61-4170 производства Тверского вагоностроительного завода. Динамическая модель вагона составлена из 34 твердых тел, связанных 41 шарнирами, 36 упругими элементами и 16 диссипативными элементами. Конечно-элементная модель кузова включает 88866 элементов и имеет 472000 степеней свободы.

Усталостная долговечность кузова вагона оценивалась по наиболее нагруженному сварному шву, которым является по результатам расчета кузова методом конечных элементов стыковой шов С8 ГОСТ 14771-76 в зоне приварки верхних листов шкворневых балок к хребтовой. Определялись ресурс сварного шва, соответствующий ему срок службы в годах по зависимостям, рекомендуемым Нормами. При расчетах коэффициент запаса сопротивления усталости принимался равным $[n_u] = 1,5$, что соответствует для кузова использованию среднеквадратичных данных по пределу выносливости натурной детали $\sigma_{a,N}$ и надежных экспериментальных данных по расчетной амплитуде динамических напряжений $\sigma_{a,\Sigma}$.

Влияние геометрии сварного шва на усталостную долговечность учитывалось через уточненное определение эффективного коэффициента концентрации напряжений. При определении коэффициента использовались зависимости, полученные экспериментальными и численными методами решения задач теории упругости, приведенными в отечественных и зарубежных источниках. Выбор зависимостей для конкретного сочетания геометрических параметров шва проводился по рекомендуемым в работе В. И. Махненко и Р. Ю. Мосенкиса (Института электросварки им. Е.О. Патона) зонам «достоверной рекомендации».

Рассматривалось влияние на усталостную долговечность следующих параметров стыкового сварного шва: высота сварного шва g , радиус перехода от наплавленного металла к основному R , угол подъема наплавленного металла θ , величина несоосности свариваемых листов Δ , при этом толщина свариваемых листов s и ширина сварного шва e оставались неизменными. Исследование проводилось с помощью разработанной программной процедуры в среде Microsoft Excel.

При номинальных размерах шва: $s = 10$ мм; $R = 0,7$ мм; $\theta = 25^\circ$; $e = 14$ мм; $g = 1$ мм, $\Delta = 0$ – срок службы исследуемого шва составил 13,64 года. Увеличение высоты сварного шва g до 2 мм сокращает срок службы до 8,25 лет (на 40 %); напротив, ее уменьшение до 0,5 мм увеличивает срок службы до 20 лет (на 47 %). Увеличение радиуса перехода от наплавленного металла к основному (R до 1 мм) увеличивает срок службы до 16,67 лет (на 22 %), уменьшение его до 0,1 мм сокращает срок службы до 1,35 года (на 90 %). Изменение угла подъема наплавленного металла θ от 15° до 60° изменяет срок службы соответственно с 18,94 до 4,53 лет. Увеличение величины несоосности свариваемых листов Δ до половины толщины свариваемых листов сокращает срок службы до 5 месяцев (на 96 %). По степени влияния на усталостную долговечность рассматриваемого сварного шва его параметры располагаются в такой последовательности: несоосность свариваемых листов, уменьшение радиуса перехода от наплавленного металла к основному, увеличение угла подъема наплавленного металла, уменьшение высоты сварного шва. Таким образом, при несоосности листов в 2 мм (что допустимо с точки зрения конструкции рассматриваемого узла) для геометрических параметров шва, допускаемых ГОСТом: $s = 10$ мм; $R = 0,3$ мм; $\theta = 30^\circ$; $e = 14$ мм; $g = 2$ мм – срок службы шва составит 2,48 года (сокращение на 82 %).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о необходимости учета геометрических параметров сварных соединений несущих конструкций кузовов пассажирских вагонов при оценке их долговечности на стадии проектирования. При разработке технологических процессов сборки и сварки рамы кузова следует предусматривать обоснованные ограничения на параметры сварных швов.

УДК 629.424.3:621.436

СИСТЕМА ВНЕШНЕГО ПРОГРЕВА ДИЗЕЛЯ

Ф. Ю. БАЗИЛЕВСКИЙ, А. М. БАЛАБАНОВИЧ

Петербургский государственный университет путей сообщения

На кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» Петербургского государственного университета путей сообщения совместно с локомотивным депо Санкт-Петербург-Витебский разработан, изготовлен и испытан опытный образец системы автономного прогрева тепловозного дизеля тепловоза 2ТЭ116.

Система внешнего прогрева тепловозного дизеля состоит из водяной системы, силового электрооборудования и электроаппаратуры управления. Водяную систему и способ её подключения к сис-