

Целью испытаний предохранительной арматуры является проверка работоспособности и определение показателей надежности для продления ее на срок службы, установленный по результатам контрольных испытаний. Ресурсным испытаниям подвергаются не менее трех предохранительных устройств каждого типа.

Определяемыми показателями являются: средний срок службы, средний ресурс, наработка на отказ, коэффициент расхода воздуха, производительность.

При проведении испытаний предохранительные клапаны совершают срабатывание (рабочие циклы). Критерием прекращения испытаний является нарушение целостности прокладки предохранительного клапана или отказ клапана.

Для имитации вибрационных и ударных нагрузок, соответствующих условиям эксплуатации, используются вибрационные и ударные стенды, на которых предохранительные клапаны подвергаются вибрационным нагрузкам при следующих значениях ускорений: 5g – продольное; 1g – вертикальное; 1g – угловое.

Необходимость проведения дополнительных испытаний (усталостные испытания цистерны в целом) определяется после проведения вышеперечисленных испытаний.

Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2017. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ. – 54 с.
- 2 ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 01.05.2017. – М. : Стандартинформ.
- 3 Путятю, А. В. Моделирование статической и динамической загрузки кузова вагона сыпучим грузом / А. В. Путятю : сб. науч. пр. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 82. – С. 99–104.
- 4 Путятю, А. В. Нагруженность кузова вагона при транспортировке сыпучих грузов / А. В. Путятю, А. О. Шимановский // Теоретическая и прикладная механика : науч.-техн. междунар. журнал. – Минск, 2007. – Вып. 22. – С. 149–151.
- 5 Никодимов, А. П. Исследования и выбор параметров железнодорожных цистерн для порошкообразных грузов : дис ... канд. техн. наук / А. П. Никодимов. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1979.
- 6 НПА ОП 0.00-1.07–94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – Киев, 1998.
- 7 Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. 002И-2009 ПКБ ЦВ : альбом-справочник.

УДК 01.02.03

ТРЕЩИНЫ В ОСЯХ И КОЛЕСАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: ИСПЫТАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Д. А. КНЯЗЕВ, М. Н. ОВЕЧНИКОВ, Э. С. ОГАНЬЯН, А. Л. ПРОТОПОПОВ, М. В. ТИМАКОВ

АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКТИ), г. Коломна, Российская Федерация

В процессе эксплуатации различных объектов, подвергающихся регулярному нагружению, происходит постепенное накопление повреждений, приводящее к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению конструкции.

По существующим нормативам эксплуатация конструкции с трещиной не допускается. Для этого существуют различные виды контроля: визуальный, ультразвуковой, магнитопорошковый и т. д. Однако все виды контроля допускают вероятность пропустить трещину в эксплуатацию. Также характерной особенностью является минимальный размер дефекта, который способен выявить каждый из методов контроля.

Таким образом, имеется вероятность того, что в промежутке времени между двумя процедурами контроля, эксплуатация объекта будет проходить с наличием трещины, которая будет развиваться.

В связи с этим представляется целесообразным определить интервал времени, в течение которого необходимо проводить освидетельствование конструкции.

Существует множество моделей, связывающих между собой размер трещины и количество циклов, в течение которых она развилась от некоего начального размера до критического состояния под данной нагрузкой. Далее, зная блок нагруженности конструкции, можно оценить общее количество циклов (времени или километров пробега) до разрушения.

Для проведения моделирования необходимы значения характеристик, которые можно получить в результате стендовых испытаний.

В АО «ВНИКТИ» были проведены работы по прорастиванию трещин на сплошных и полых осях моторвагонного подвижного состава при разных уровнях амплитуд механических напряжений.

По результатам этих испытаний были получены характеристики осей, пригодные для использования расчета живучести по формуле Пэриса.

После проведения ходовых испытаний получены блоки нагрузок различных сечений осей колесных пар, из которых была рассчитана частота появления амплитуды механических напряжений заданного уровня.

Расчет прироста глубины (длины) трещины производился путем численного интегрирования зависимости Пэриса на основании полученных в ходе испытаний данных.

В результате для трещины начальной глубиной 1,8 мм и конечной глубиной 100 мм на сплошной оси было получено значение 88 миллионов циклов, что соответствует пробегу 280 тысяч километров.

Для полрой оси была получена цифра 70 миллионов циклов, что соответствует 210 тысячам километров пробега.

В настоящее время похожие исследования проводятся для колес подвижного состава. Анализ условий эксплуатации железнодорожных колес показывает, что критерии прочности, указанные в нормативных документах, не могут полностью гарантировать их надежность и безопасность эксплуатации. При недостаточной вязкости металла и высокой его чувствительности к концентраторам напряжений из полученного дефекта начнет распространяться трещина вплоть до критической ее длины, что приведет к разрушению колеса.

Параллельно ведутся работы по прорастиванию трещин на натуральных колесах и на компьютерных моделях, поскольку существует множество постоянно совершенствующихся компьютерных комплексов, позволяющих проводить подобное моделирование.

В основу прогнозирования развития трещины под действием циклической нагрузки положены параметры кинетической диаграммой усталостного разрушения стандартного образца. Эти параметры имеют ключевое значение для определения характеристик живучести колеса (скорости распространения трещины, критической длины).

Стали склонны к низкотемпературному охрупчиванию, изменение температуры практически не влияет на показатель наклона прямолинейного участка диаграммы n (описывается уравнением Пэриса), то есть на кинетику усталостного разрушения, но долом усталостной трещины (нелинейный участок КДУР) начинается тем раньше, чем ниже температура.

В ходе этой работы планируется создать и верифицировать модели роста трещин на дисковой части колес при нормальных условиях, а затем, изменяя температуру окружающей среды, выявить, как будет меняться скорость роста трещины и количество циклов от начального ее размера до разрушения.

Для этого на диске колеса в зоне максимальных амплитуд механических напряжений моделировался плоский трещиноподобный дефект в виде половины окружности радиуса 3 мм. При нагружении колеса круговым изгибом при амплитуде номинальных напряжений 150 МПа моделировался рост трещины до тех пор, пока КИН не достигнет значений соответствующий циклической вязкости разрушения материала колеса ΔK_{fc} при разных температурах.

Моделирование показало, что при росте плоской трещины максимальные значения КИН находятся на ее краях, при этом трещина распространяется больше в длину, чем в глубину, превращая начальный полукруглый дефект в часть эллипса.

Пройдя всю толщину диска колеса, трещина становится сквозной, образуя два фронта. При этом значения КИН в ее вершинах превышают циклическую вязкость разрушения материала колеса ΔK_{fc} .

Предварительные результаты расчетов на одну нагрузку, создающую амплитуду механических напряжений 150 МПа, показывают, что количество циклов до разрушения составляет от 350 до 650 тыс. в зависимости от вида колеса и окружающих условий.

Экспериментальное получение блока нагружения и применение его в моделировании значительно увеличит эти цифры, что позволит более адекватно говорить о пробегах колес.

Также экспериментальные исследования позволят получить характеристики материала колес различных способов изготовления (литых и цельнокатаных), необходимые для расчета циклики и уточнения модели, которая, в свою очередь, позволит говорить о пробеге в эксплуатации колеса с трещиной, если таковая появится, и о периодичности проведения осмотров.