

там видеозаписи с высокой частотой кадров, в момент удара контейнера-цистерны фитинги с ударной стороны приподнимаются над площадкой фитингового упора, при этом вся нагрузка передается на дальние фитинги.

Проведенная серия расчетов конечно-элементной модели контейнера-цистерны с различными вариантами нагрузок и закрепления, а также натурный эксперимент показали, что возникающие напряжения в элементах рамы в одном и том же месте могут меняться на величину 50 %. Поэтому на стадии проектирования, при оценке прочности танк-контейнеров необходимо проводить серию расчетов с различными вариантами граничных условий и нагрузок.

При ударе контейнер ведет себя по-разному на платформе, что ведет к перераспределению напряжений в конструкции контейнера. При проведении прочностных расчетов на стадии проектирования необходимо это учитывать.

УДК 625.143

ОСОБЕННОСТИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В. И. СЕНЬКО, С. В. МАКЕЕВ, В. В. КОМИССАРОВ, ЛЮ ПИН, У СЯОЛУ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Датунский локомотивостроительный завод,

Производственное унитарное предприятие «Куэк-Дтлоко», Китайская Народная Республика

Одним из основных механизмов обеспечения безопасности и повышения качества производимой железнодорожной продукции на территории Таможенного союза является система технических регламентов, которые содержат обязательные для применения и исполнения требования к создаваемой (в том числе модернизируемой) продукции. Такая система, с учетом постоянно обновляемой нормативной базы и создаваемой инновационной продукции, требует постоянного совершенствования применяемых методик испытаний и подходов в практике подтверждения соответствия объектов железнодорожного транспорта.

В настоящее время Белорусская железная дорога обновляет парк электровозов китайского производства тип БКГ. В рамках проводимых работ по сертификации данной продукции возникла необходимость оценки надежности зубчатых колес привода первого уровня БКГ-2. Известно (в том числе и в соответствии с требованиями ГОСТ 30803–2014), что основными видами разрушения зубчатых колес является усталостный излом зубьев, происходящий у основания ножки зуба, и усталостное выкрашивание рабочей поверхности зуба. При перегрузках возможно развитие пластических деформаций и излом зубьев. При неудовлетворительных условиях смазки возможно развитие заедания. В связи с этим для зубчатых колес на практике используются два основных метода испытаний: на усталостный изгиб зубьев и на контактную выносливость их рабочих поверхностей.

Усталостные испытания зубьев на изгиб позволяют оценить влияние конструктивных особенностей, материала, характера термообработки и упрочнения поверхности на предел выносливости и (или) долговечность зубчатых колес. В конечном итоге это позволяет обнаружить причины преждевременного разрушения.

В соответствии с п. 4.15 ГОСТ 30803–2014 критерием предельного состояния по контактной выносливости колеса принимается износ его зубьев, характеризуемый степенью уменьшения толщины зуба не более 0,3 модуля. Поэтому несмотря на большую распространенность в эксплуатации контактного выкрашивания поверхностей и изменения формы зубьев это не приводит к внезапным отказам в их работе. Главная опасность состоит в изломе зубьев, так как в результате происходит моментальный отказ, что может вызвать большие сбои графика движения поездов, а также привести к перекрытию целой железнодорожной магистрали.

Определение долговечности зубчатых передач обычно осуществляется на нагрузочных стендах с замкнутым и разомкнутым энергетическим контуром. В этом случае испытанию подвергается в целом зубчатая передача или редуктор, что требует дорогостоящего и нестандартного оборудования и значительных затрат времени и средств на испытания. Так как в реальных условиях эксплуатации нагрузка, испытываемая зубьями при работе зубчатой передачи, изменяется от нуля до мак-

сумма на знакопостоянном циклу, то испытания на усталостный изгиб удобнее выполнять на гидравлических машинах пульсаторного типа.

Для реализации такого рода испытаний разработана специальная технологическая оснастка, обеспечивающая жесткое закрепление зубчатого колеса и сохранение его в течение всего испытания в неподвижном состоянии, а нагружение осуществлялось на сервогидравлической машине с частотой 7 Гц. В результате через нагружающую головку и противоположную опорную головку (опертую на основание) повторно-переменная нагрузка исполнительного механизма передается на испытываемые зубья испытываемой шестерни (при этом вал технологической оснастки не нагружен).

В соответствии с требованиями ГОСТ 30803–2014 зубчатое колесо по критерию изгибной усталости без разрушения должно выдержать 4 миллиона циклов, а испытания должны проводиться по ГОСТ 25.507–85, который регламентирует, чтобы при испытаниях максимально должны были смоделированы условия реальной эксплуатации. В результате проведенных исследований для ведомых шестерен БКГ-2 была получена характерная циклограмма, т. е. график изменения вращающего момента во времени в условиях реальной эксплуатации. Было установлено, что каждый блок нагружения можно разделить на три ступени: запуск – 5 %, движение с постоянной скоростью – 80 %, движение с высокой скоростью – 15 %. Исходя из требуемой продолжительности испытаний принята диаграмма циклического блочного нагружения, состоящая из 15 блоков длительностью 266 670 циклов каждый (рисунок 1).

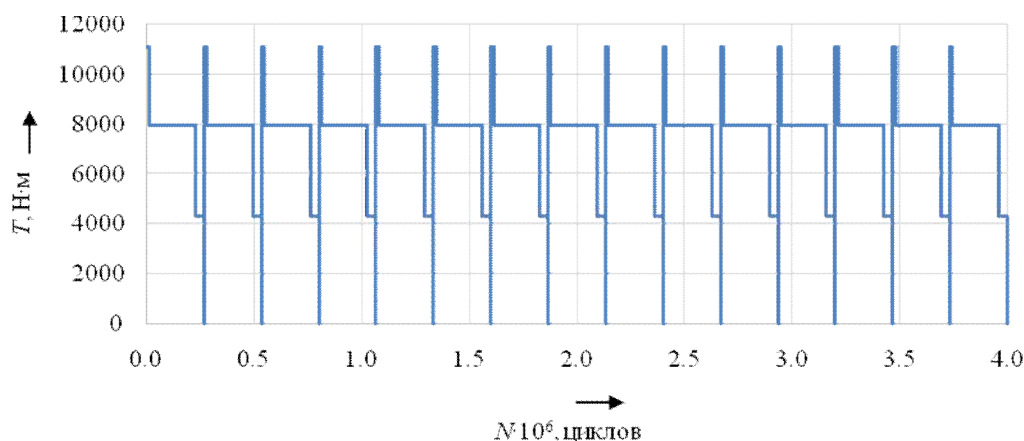


Рисунок 1 – Диаграмма циклического нагружения при испытаниях на изгибную усталость (15 блоков)

Расчетная окружная сила рассчитывалась по методике ГОСТ 21354-87 и соответствовала для пусковой нагрузки 128,9 кН, для движения с постоянной скоростью – 92,1 кН, для движения с высокой скоростью – 50 кН. После проведения испытаний в течение 4 миллионов циклов разрушение зубьев шестерни не произошло и трещин в области переходной кривой не обнаружено.

В результате проведенной работы применительно к зубчатым колесам электровозов серии БКГ-2 была получена диаграмма циклического нагружения. Считаем, что данную работу также целесообразно провести и для оценки нагруженности зубчатых колес в условиях Белорусской железной дороги. В целом использование предлагаемой методики испытаний позволит сократить длительность испытаний зубьев колес на изгибную усталость и снизить затраты на реализацию таких испытаний.

УДК 629.45

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

А. Н. СКАЧКОВ, С. А. ДЕМЕНТЬЕВ, И. А. ДЕМЕНТЬЕВ, С. Л. САМОШКИН
ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация

Характеристики свободных затухающих колебаний кузова вагона (собственные частоты и коэффициент демпфирования – затухания) полностью определяют индивидуальные свойства динами-