

ОСОБЕННОСТИ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В. В. КОМИССАРОВ, А. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, О. А. САРКИСОВ, Е. С. ТАРАНОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

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.

Одним из наиболее ответственных объектов железнодорожного транспорта являются зубчатые колеса. 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 максимума по знакопостоянному циклу, то испытания на усталостный изгиб удобнее выполнять на гидравлических машинах пульсаторного типа.

При проведении испытаний использовалась испытательная машина фирмы MTS, обеспечивающая нагружение с частотой 5–20 Гц. Для реализации такого рода испытаний разработана специальная технологическая оснастка, обеспечивающая жесткое закрепление зубчатого колеса и сохранение его в течение всего испытания в неподвижном состоянии. В результате через нагружающую головку повторнопеременная нагрузка исполнительного механизма передается на испытываемые зубья шестерни.

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. В свою очередь ГОСТ 25.507–85 регламентирует, что при испытаниях максимально должны быть смоделированы условия реальной эксплуатации. В результате проведенных исследований для зубчатых колес была получена характерная циклограмма, т. е. график изменения вращающего момента во времени. В результате для испытаний принимается диаграмма циклического блочного нагружения состоящая из 10–15 блоков. Расчетная окружная сила рассчитывалась

по методике ГОСТ 21354-87. После проведения испытаний в течение 4 миллионов циклов разрушение зубьев шестерни отсутствовало, а трещин в области переходной кривой не обнаружено.

В 2019 году вступает в действие ГОСТ 34510–2018 «Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Методы определения изгибной и контактной усталостной прочности», который дополнительно регламентирует контроль контактной прочности. В данном направлении нами развивается метод ускоренных испытаний малоразмерных моделей зубчатого зацепления в соответствии с государственным стандартом. С помощью метода получают результаты, удовлетворительно коррелирующие с результатами, полученными при соответствующих стендовых испытаниях. К основным достоинствам метода можно отнести минимальную стоимость и продолжительность испытаний, а также приемлемую для практики погрешность.

Считаем, что использование предлагаемой методики испытаний и технологической оснастки позволяет сократить длительность испытаний зубьев колес и затраты на реализацию таких испытаний.

УДК 629.4 : 620.178.3

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СХЕМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ВАГОНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХОДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

В. В. КОМИССАРОВ, В. В. САЗОНОВ, П. М. БУЙЛЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Детали машин и элементы конструкций в процессе эксплуатации подвергаются переменным по величине и во времени нагрузкам, которые, как известно, приводят к усталостному разрушению – накоплению в металле под действием переменных нагрузок микрповреждений, возникновению усталостной трещины и окончательному разрушению. Наибольшее число усталостных разрушений связано с многоцикловой усталостью. Число циклов переменных нагружений в этом случае составляет 10^5 – 10^8 , а деформация металла во время каждого цикла является упругой. Потому на практике не удается оценить степень усталостного повреждения деталей в процессе эксплуатации и, следовательно, предупредить появление усталостных отказов.

Общепринято, что усталостная прочность несущих конструкций железнодорожных вагонов характеризуется коэффициентом запаса. При его значениях выше установленных норм (допускаемой величины) подразумевается, что в течение всего времени эксплуатации вагона возникновение усталостных трещин в металле принципиально невозможно. Выводы об усталостной прочности несущих конструкций железнодорожных вагонов в соответствии с действующими требованиями должны формироваться по результатам ходовых испытаний с непрерывным измерением действующих нагрузок (возникающих напряжений), а контролировать текущее усталостное повреждение деталей при эксплуатации возможно, если использовать соответствующие гипотезы суммирования повреждений.

При прогнозировании усталостной долговечности случайные процессы нагружения деталей заменяются некоторым схематизированным процессом (ГОСТ 25.101–83), который по уровню вносимого усталостного повреждения должен быть эквивалентен реальному. В настоящее время в Испытательном центре железнодорожного транспорта (ИЦ ЖТ БелГУТа) создается и активно используется компьютерная система обработки результатов ходовых испытаний. В рамках проводимой работы внедрены алгоритмы выделения полных циклов двухпараметрических методов схематизации: метод полных циклов и метод «дождя». Выбор данных методов обусловлен коэффициентом нерегулярности процесса нагружения: отношением числа пересечений процессом уровня средней нагрузки к числу экстремумов.

Перед применением каждого из методов осуществляют подготовку процесса нагружения. Сначала диапазон изменения нагрузок процесса разбивается равноотстоящими уровнями нагрузок на классы одинаковой ширины. Ширина класса отражает масштаб при схематизации и показывает, какая нагрузка соответствует одному классу. Затем выделяют экстремумы. Соседние экстремумы, образующие размах меньше ширины класса, выделению не подлежат. Далее применяют непосредственно сам метод схематизации.