

ВЫБОР МЕТОДА РАСЧЕТА СВАРНЫХ ШВОВ РАМЫ ТЕЛЕЖЕК ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Кокшаров Д.А. Email: Koksharov17112@scientifictext.ru

Кокшаров Дмитрий Андреевич – аспирант,
кафедра вагонов,
Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург

Аннотация: в статье анализируются методы расчета усталостной прочности и долговечности сварных соединений рам тележек тягового подвижного состава, с учетом статических и динамических воздействий. Также анализируются имеющиеся программные комплексы, реализующие метод конечных элементов для расчета сварных конструкций железнодорожного подвижного состава. В результате выполненного обзора, производится выбор методики расчета сварных соединений и оценки усталостной прочности, с учетом динамических нагрузок и технологических факторов.

Ключевые слова: сварка, усталость, рама, долговечность.

THE CHOICE OF THE METHOD FOR CALCULATING THE WELDED JOINTS OF THE FRAME OF TROLLEYS OF TRACTION ROLLING STOCK

Koksharov D.A.

Koksharov Dmitry Andreevich - Graduate Student,
DEPARTMENT CARRIAGES,
URAL STATE UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT, YEKATERINBURG

Abstract: in the article methods of calculation of fatigue strength and durability of welded joints of frames of trolleys of traction rolling stock are analyzed, taking into account static and dynamic impacts. Also, the available software complexes that implement the finite element method for the calculation of welded structures of railway rolling stock are analyzed. As a result of the review, a choice is made of the procedure for calculating welded joints and evaluating the fatigue strength, taking into account dynamic loads and technological factors.

Keywords: welding, fatigue, frame, durability.

УДК 62

Развитие компьютерной техники привело к появлению огромного количества программных комплексов, позволяющих решать задачи по оценке запаса сопротивления усталости и долговечности сварных соединений различных технических объектов.

Все эти программные комплексы можно разделить на программы, встраиваемые на уровне меню в известные пакеты САПР и располагающие инструментарием для быстрого расчета элементов и сборочных единиц непосредственно в среде их разработки (Cosmos/Works, DesignSpace, MSC/InCheck и т.п.). И на программы, которые ориентированы на подготовку полноценной конечно-элементной модели с максимальными возможностями моделирования, учета различных особенностей геометрического и силового характера и выполнения различных видов расчетов (ANSYS, Cosmos/DesignStar, MSC Nastran и т.п.) [2].

Вышеперечисленные программные комплексы позволяют производить анализ линейной и нелинейной статике, динамики, устойчивости, теплопередачи, акустики, оптимизации конструкций, а также анализ ресурса и долговечности.

Однако, если на выходе необходимо получить точные результаты, максимально соответствующие действительности, то потребуются собрать большой объем статистической информации, которую, зачастую, можно получить по результатам дорогостоящих экспериментальных исследований, что далеко не всегда возможно.

Поэтому проблема определения динамических нагрузок, действующих на конструкции при движения подвижного состава, и непосредственно сама оценка динамического НДС, вызванного действием полученных нагрузок, остается актуальной.

Прочность конструкции в целом, запасы сопротивления усталости и долговечности зависят, в первую очередь, от нагрузок, которые испытывают на себе несущие узлы. Важную роль также играют геометрические параметры конструкции, механические свойства материалов, из которых изготовлены детали и узлы, технология и качество их изготовления.

Для несущих деталей железнодорожного подвижного состава характерно то, что они испытывают действие статических нагрузок высокого уровня, обусловленных массой самих конструкций и массой груза, который воздействует на эти конструкции и динамические нагрузки, возникающие при движении.

В современных требованиях к прочности и динамическим качествам локомотивов устанавливают четыре расчетных режима [1, с. 9]. Для оценки сопротивления усталости используют III расчетный режим, служащий для учета статических и динамических сил. Суть его в том, что он учитывает динамическое воздействие на несущие узлы, в том числе ускорения, возникающие при движении по неровностям пути.

Опыт эксплуатации, многочисленные испытания показывают, что на стыковых зазорах рельсового пути узлы подвижного состава испытывают наибольшие ускорения. Эти ускорения оказывают сильное динамическое воздействие на несущие узлы локомотива, что приводит к накоплению усталостных повреждений.

В основных нормативных документах по расчету локомотивов приведены формулы, полученные в результате обработки экспериментальных данных. Предложенная методика позволяет определить среднее и амплитудное значения динамических нагрузок при различных скоростях движения. Однако коэффициенты, определенные в нормативной документации, носят вероятностный характер. Поставленные задачи решаются в статической постановке, что не позволяет учесть характеристики пути, характеристики подвешивания вагона, поведение несущей конструкции в условиях динамического нагружения. Это допущение приводит к тому, что оценить усталостную долговечность сварных соединений в условиях эксплуатации не представляется возможным.

В настоящее время для определения динамических нагрузок применяются «гибридные модели» подвижного состава. Конструкция представляется в виде системы связанных твердых тел, моделирующих колебания вагона в процессе движения, при этом отдельные части конструкции представляются в виде упругих подсистем на основе МКЭ [2]. Данное направление реализовано в ряде программных комплексов анализа динамики систем тел («Универсальный механизм», MSC.ADAMS, MSC. Visual Nastran).

Данный метод позволяет учесть динамические нагрузки, возникающие при эксплуатации локомотивов.

Основным недостатком использования гибридных моделей является невозможность включения в твердотельную модель локомотива КЭ модели конструкции с размерностью сетки, позволяющей оценить напряжения в конкретных интересующих местах, в том числе в сварных соединениях. Это ограничение по размерности сетки связано с вычислительными возможностями используемых компьютеров.

В связи этим, для оценки усталостной долговечности сварных швов рам тележек локомотивов, предложено поэтапная методика расчета (рисунок 1).

По имеющейся или построенной модели локомотива рассчитывается динамическая модель, учитывающая пространственные колебания локомотива в виде системы твердых тел (СТТ), связанных шарнирами, упругими и силовыми элементами.

Производится расчет МКЭ рамы тележки для определения наиболее нагруженных сварных соединений.

Для наиболее нагруженных мест проводится ряд испытаний, при которых определяются размеры зон сварного шва (зона сварного шва, околошовная зона, зона основного металла) и механические характеристики для этих зон.

Далее в КЭ модели тележки закладываются данные, полученные по результатам испытаний, и прикладываются динамические нагрузки, полученные в результате расчета динамической модели.



Рис. 1. Структурная схема поэтапной методики расчета нагрузок, возникающих в зоне сварного соединения

Данный подход позволяет с высокой точностью оценить напряжения, возникающие в зоне сварного соединения, что в свою очередь позволит получить достоверные результаты по усталостной долговечности этих сварных соединений.

Список литературы

1. ГОСТ Р 55513-2013. Локомотивы. Требования к прочности и динамическим качествам. М. Стандартиформ, 2014. 42 с.
2. Приселкин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел: учебник / В.Л. Приселкин, Г.И. Расторгуев. Новосибирск: изд-во НГТУ, 2010. 238 с.