

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

М. Г. ГЕГЕДЕШ, Н. В. КОМАРОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность эксплуатации технологического комплекса, формирующего железнодорожную инфраструктуру, в первую очередь, зависит от прочности, устойчивости и надежности ее элементов. Не всегда возможно предсказать скорость деформации и механизм возможных разрушений сооружений, которые постоянно подвергаются разнообразным динамическим нагрузкам.

Первым элементом, воспринимающим динамические нагрузки от подвижного состава, является железнодорожный путь, конструктивные элементы которого участвуют в сложных колебательных процессах, возникающих при непосредственном прохождении участка пути поездом. Они обусловлены присутствием неровностей различного вида на соприкасающихся поверхностях колес и рельсов, деформируемостью пути и элементов ходовых частей, особенностями, связанными с характеристиками движения в рельсовой колее жестко соединенных осей подвижного состава при прохождении подвижного состава по изменяющемуся в плане и профиле пути.

Динамическое воздействие передается от элементов подвижного состава на путь через колеса и рельсы и представляет собой сложное силовое воздействие, включающее вертикальную нагрузку, приводящую к осадке пути и изгибу рельсов; боковое давление и продольные силы, являющиеся частыми причинами продольного смещения (угона) рельсошпальной решетки. Угон пути может быть вызван как деформациями рельсов под подвижной нагрузкой, так и силами торможения подвижного состава, температурными деформациями железнодорожного пути, ударами колес в рельсы на стыках и другими факторами, в том числе изнашиванием отдельных конструктивных элементов железнодорожного полотна.

Конструкция железнодорожного пути включает следующие элементы: верхнее строение, нижнее строение и искусственные сооружения пути. Верхнее строение пути состоит из рельсовых креплений, рельсов, рельсовых опор, балластного слоя и противоугонов. Нижнее строение пути включает земляное полотно, подготовленное для укладки верхнего строения пути.

Одним из наиболее часто встречающихся на практике вариантов соединения верхнего строения пути с опорным основанием является анкерное рельсовое крепление, которое включает в себя клемму, подклемник, анкер, монорегулятор, изолирующий уголок, прокладки из различных материалов. Наиболее изнашиваемыми элементами среди перечисленных являются прокладки, поскольку они принимают на себя непосредственные ударные воздействия от взаимодействия колес и рельсов.

Наиболее точная информация о состоянии отдельных элементов железнодорожной инфраструктуры может быть получена только экспериментальным способом, который часто является трудно осуществимым, трудоёмким и материально затратным, так как исследуемые объекты не всегда доступны для прямого инструментального контроля, располагаются на отдаленных участках и требуют внесения изменений в график движения поездов, что представляет собой не легкую задачу на участках с высокой интенсивностью движения железнодорожных составов.

Для прогнозирования срока службы, а также предварительного анализа поведения элементов под действием статических и динамических нагрузок, при изменении температур и воздействии иных внешних факторов, а также для расчета скорости и величины износа элементов железнодорожного пути, широко применяется компьютерное моделирование. Адекватно составленные и рассчитанные компьютерные модели позволяют реализовать различные конструкторские и технологические проекты, не прибегая к дорогостоящим и долгосрочным полевым и лабораторным работам. Неадекватная или неточная модель может привести к большим погрешностям конечного результата.

В научных исследованиях различных авторов часто исследования состояния элементов железнодорожного полотна и многих сооружений отождествляются только с их лабораторными испытаниями. Такой подход имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что количество таких образцов ограничено по размеру, а типичные образцы, для которых проводятся лабораторные испытания, представляют собой лишь ограниченную выборку из всех возможных вариантов. В то же время, провести лабораторные испытания для всех элементов железнодорожного пути на месте тоже не представляется возможным.

В настоящее время существует достаточно большое число программных продуктов, позволяющих проводить расчеты той или иной сложности для различных областей теории и практики. Для широкого круга задач, связанных с анализом напряженно-деформированного состояния, прочности и других параметров систем тел и отдельных элементов под действием статических и динамических нагрузок, целесообразно применение инженерных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, заключающийся в аппроксимации дискретной моделью, создаваемой из множества кусочно-непрерывных функций, определенных в конечном числе подобластей (элементов), любой непрерывной в некоторой области величины (например, внутренних усилий, перемещений в рельсовых скреплениях, балках, мостовых элементах и т.п.). При создании компьютерных моделей практически невозможно учесть все нюансы, тем более, что присутствие многих из них носит вероятностный характер. Поэтому возможно принятие некоторых допущений.

Рассмотрим программные комплексы, предоставляющие наибольшее число возможностей для решения обозначенных выше задач.

Так, инженерный пакет SolidWorks Simulation позволяет оценить прочность конструкций с использованием линейного и нелинейного статического и динамического анализа, частотного и температурного анализа, определения параметров устойчивости, усталости, испытаний на ударную нагрузку; производить оптимизационные расчеты.

MSC.Patran/MSC.Nastran и MSC.Patran/SimXpert – это программные продукты, реализующие в симбиозе расчеты на основе метода конечных элементов, включая линейные и нелинейные статические и динамические расчеты, расчет собственных частот и форм колебаний, расчет устойчивости, расчет установившихся и переходных процессов, решение задач теплопередачи и др.

Программный комплекс Marc позволяет проводить комплексный расчетный анализ конструкций, находящихся под одновременным воздействием силовых, кинематических и тепловых нагрузок, больших перемещений и деформаций в материалах, обладающих как линейными, так и нелинейными свойствами и контактным взаимодействием различной сложности.

Программный конечно-элементный комплекс ABAQUS представляет собой универсальную систему общего назначения, в которой возможна реализация многоцелевого многодисциплинарного анализа, а также проведение статического и динамического анализа напряжений в рамках единого алгоритма.

Инженерная среда Comsol Multiphysics включает модули для расчета механики конструкций, динамики многотельных систем (в том числе, в результате вибрационного воздействия), усталости и прочности материалов с учетом их нелинейных свойств, на основе конечноэлементного моделирования с возможностью структурированного построения сетки конечных элементов.

ANSYS – это передовые инструменты для решения широкого спектра задач механики деформируемого твердого тела с учетом нелинейных свойств материалов, пластичности и контактного взаимодействия, в том числе задач линейной/нелинейной динамики, теплообмена, акустики, а также выполнения различных многодисциплинарных расчетов.

Таким образом, в результате анализа характеристик различных программных продуктов для решения инженерных задач установлено, что наибольшими возможностями для решения и последующего анализа задач, включающих возможность учета деформации конструкции под воздействием факторов различной частоты и происхождения, обладает инженерный пакет ANSYS. Поэтому дальнейший анализ напряженно-деформированного состояния и иных параметров, определяющих работоспособность конструктивных элементов железнодорожного полотна, будет выполняться в этом инженерном пакете.