

С целью определения состояния образцов вооружения для принятия соответствующих решений предлагается усовершенствованная методика оценки показателей надежности образцов ВВТ на основе наблюдений, которая учитывает особые требования к содержанию и эксплуатации образцов ВВТ, обусловленные недопустимостью доводить образцы до отказа и необходимостью поддерживать постоянную готовность к использованию.

С помощью предлагаемой методики, в которой реализован ранговый подход к построению оценок вероятности безотказной работы, обеспечена возможность обработки не только данных о наработке образцов до отказа функционирования, но и до параметрических отказов. Использование данных о моментах отказов объектов в период наработки, начало которого отлично от начала эксплуатации (или после ремонта) приводит к получению оценки условной вероятности безотказной работы образцов ВВТ, которая имеет меньшую информативность по сравнению с безусловной вероятностью безотказной работы. При таких условиях целесообразен переход к другому показателю безотказности – параметру потока отказов – учитывая, что образцы ВВТ находятся в установившемся режиме эксплуатации. Оценку параметра потока отказов производят посредством аппроксимации полученных оценок условной вероятности безотказной работы образцов ВВТ с подбором регрессионной зависимости вероятности безотказной работы от наработки и численным решением уравнения Вольтерра.

Для апробации предлагаемой методики выбран пример системы, которая обеспечивает подвижность ВВТ и состоит из трех подсистем (двигатель, трансмиссия, ходовая часть) с различающимися значениями параметра потока отказов. Подобная система является нерезервированной с восстанавливаемыми элементами, ее функционирование организовано по принципу «слабого звена» (с последовательным соединением блоков на структурной схеме надежности).

Компьютерное моделирование надежности ВВТ выполняется в пакете автоматизации имитационного моделирования «СМ-ДЭС». Работа модели начинается с генерирования значений наработки до отказа элементов системы. Предварительно для генератора случайных величин задаются начальные данные: оценка параметра потока отказов (полученная способом, упомянутым выше) и необходимое количество реализаций.

Генерируемые величины наработки до отказа каждого элемента системы определяют общую матрицу наработки до отказа системы в соответствии со структурной схемой надежности. Поиск наработки модели системы на отказ выполняется для K последовательных отказов. При этом выполняется N независимых имитационных экспериментов, что обеспечивает расчет средней наработки на каждый 1, 2, ..., K -й отказ системы.

Наряду с генерацией наработок элементов системы до отказа, моделируется и время их восстановления. Оценивается среднее время восстановления системы. По средней наработке на отказ и среднему времени восстановления определяется коэффициент готовности образцов ВВТ. Анализ изменения коэффициента готовности позволит оценить готовность образцов ВВТ к использованию и спланировать мероприятия по поддержанию ее определенного уровня.

УДК 629.114.2

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПЕРЕГОРОДОК НА КОЛЕБАНИЯ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРАХ АВОЦИСТЕРН

А. О. ШИМАНОВСКИЙ, М. Г. КУЗНЕЦОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Колебания жидкого груза внутри резервуара автоцистерн приводят к существенному снижению продольной и поперечной устойчивости и управляемости и увеличивают нагрузки на конструкцию. Основным мероприятием по снижению влияния колебаний жидкости внутри резервуаров на динамику транспортных средств является установка внутренних перегородок. Цель представленной работы – разработка методики анализа влияния формы перегородок на демпфирование колебаний жидкости в резервуаре.

Моделирование процессов перетекания жидких грузов в цилиндрическом резервуаре выполнено с помощью программного комплекса конечноэлементного анализа ANSYS Workbench. С целью выяснения особенностей поля скоростей и распределения давлений жидкости в резервуаре рассмотрены случаи движения цистерн, имеющих длину 4 м и диаметр 2 м, с постоянным замедлением 0,6g. Начальная скорость движения принималась равной 15 м/с. Шаг по времени изменялся в пределах 0,01–0,015 с. Уровень заполнения цистерн принимался равным 50 и 60 %, что соответствует наименее безопасным условиям движения автоцистерн. Физические характеристики транспортируемой жидкости соответствовали воде.

Первая модель (с перегородкой высотой 1 м, что составляет половину высоты резервуара) включала 123962 конечных элементов. Результаты расчета показали, что в процессе торможения гидродинамическое давление в торцевой части резервуара достигает $1,1 \cdot 10^6$ Па, что на 25–30 % больше значений для других об-

Рассмотрен также случай установки в резервуаре поперечно расположенной перфорированной перегородки с различными размерами отверстий. Созданные конечноэлементные модели включали от 110 до 390 тысяч конечных элементов. Например, модель для диаметра перфорации перегородки 10 см имела 136740 конечных элементов. В начале торможения наибольшее гидродинамическое давление возникает в торцевой части цистерны, а позднее локальные области повышенного давления появляются в области перегородки. В этих местах максимальные значения гидродинамического давления для случая диаметра отверстий 10 см превышают $4,7 \cdot 10^5$ Па, что в 1,51 раза больше давлений, возникающих в области днища резервуара.

Анализ полученных результатов показал, что при уменьшении диаметра перфорации до 5 см и менее, поведение жидкости в цистерне с перфорированной перегородкой практически не отличается от случая движения при сплошной перегородке, разделяющей резервуар цистерны на два отдельных отсека. Существует диаметр перфорации, зависящий от размеров резервуара, при котором демпфирование колебаний жидкости при наличии перфорированных перегородок происходит быстрее, чем при использовании сплошных.

Необходимо учитывать то, что автомобиль, перевозящий жидкие грузы, может совершать несколько маневров одновременно, например, торможение и вход в поворот. В этом случае жидкость совершает движение в двух направлениях: прямолинейное вдоль продольной оси симметрии цистерны и поперечное вдоль боковой стенки, что неблагоприятно сказывается на устойчивости автомобиля и может привести к аварийной ситуации. Поэтому на основе расчетной схемы, приведенной в работах Рахеджи и др., нами была создана конечноэлементная модель резервуара автоцистерны с тремя перегородками сферической формы с отверстиями в центре, включающая более 110 тысяч конечных элементов. При выполнении расчетов линейное ускорение цистерны вдоль продольной оси x было равно $0,3g$, вдоль поперечной оси z – $0,25g$. Сравнение полученных нами результатов определения давлений жидкости с экспериментальными значениями, приведенными в названных работах, показали хорошее совпадение, что подтверждает адекватность разработанных нами моделей реальным процессам.

Стендовые доклады

УДК 629.4.027.27

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕЖКИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

П. М. АФАНАСЬКОВ, В. Г. ГУБАРЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основными несущими элементами, определяющими срок службы тележки пассажирского вагона, являются рама и надрессорная балка. Их конструкции состоят из множества элементов и имеют сложную конфигурацию.

Рама тележки имеет Н-образную форму. Состоит из двух боковых продольных, двух средних поперечных, четырех вспомогательных продольных и четырех укороченных концевых балок. Боковые продольные балки в средней сверху и снизу усилены листами толщиной 14 мм. Для крепления подвесок люльки и предохранительных болтов в их средней части предусмотрены отверстия, усиленные ребрами, обечайками и накладками. Так же на них размещаются кронштейны для крепления гидравлических гасителей колебаний и упругих поводков.

Надрессорная балка – сварная замкнутого коробчатого сечения. Концевые части уширены для опирания на пружины центральной ступени подвешивания. Посередине укреплен подпятник. Место его установки усилено ребрами. Сверху по бокам приварены коробки горизонтальных скользящих. По концам расположены кронштейны для крепления поводков и гидравлических гасителей колебаний.

Для оценки остаточной прочности рамы и надрессорной балки тележки пассажирского вагона были разработаны расчетные конечно-элементные модели (рисунок 1) с использованием пакета прикладных программ DSMfem. Для моделирования применялись два типа конечных элементов – плоские пластинчатые трех- и четырехугольные.

Как видно из рисунка 1, разработанные модели практически без искажений описывают реальные конструкции рамы и надрессорной балки с учетом практически всех отверстий, усилений и кронштейнов, описанных выше.

Разработанные конечно-элементные модели позволяют учитывать любой вид и сочетания эксплуатационных нагрузок, что позволит оценить напряженно-деформированное состояние конструкций при режимах нагружения, предусмотренных «Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) (М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1983. – 319 с.). Также они позволяют учитывать любую схему коррозионных износов элементов конструкций, возникающих в процессе эксплуатации за срок службы.