

гом колец подшипников на шейках осей колесных пар во многих случаях обуславливают преждевременный (до установленной наработки по пробегу) выход из строя буксовых узлов вагонов. Их беззатратное функционирование и осуществление установленных (нормативной документацией) ремонтов зависит от качества получаемых при сборке тепловых поперечно-прессовых соединений колец подшипников. Исходя из актуальности освоения новых прогрессивных технологий в вагостроении и в вагоноремонтном производстве, изыскания рациональных конструктивных и технологических решений (с целью повышения межремонтного пробега подвижного состава и безопасности движения поездов) в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ТТОРЕПС» БелГУТа проводятся работы по созданию и исследованию эффективного метода контроля качества сборки тепловых напрессовок колец подшипников колесных пар вагонов и демонтажа колец с шеек осей с использованием маслосъема, совершенствованию механической распрессовки соединений с гарантированным натягом цельнокатаных колес и осей вагонных колесных пар.

Отсутствие эффективного выходного контроля получаемых тепловых соединений с натягом при изготовлении и ремонте роликовых колесных пар обуславливает достаточно высокую вероятность получения посадок с повышенными и заниженными величинами натягов по сравнению с установленными (согласно ТНПА) в сопряжениях «шейка оси – кольцо подшипника». Это вызывает повышение трещинообразования у внутренних колец буксовых роликовых подшипников и ослабление посадки колец с их проворачиванием на шейках осей. Отмеченные дефекты зачастую являются причиной интенсивного грения буксовых узлов колесных пар вагонов в эксплуатации с тяжелыми последствиями. Требуется не допускать на стадиях изготовления и ремонта вагонных колесных пар получения упомянутых напрессовок, реализуя в производстве неразрушающий эффективный контроль прочности формируемых соединений с гарантированным натягом. Целесообразными являются технические разработки систем контроля механических и тепловых напрессовок колесных пар вагонов и локомотивов на основе ЭВМ для специализированных поточных технологических линий. Это позволяет автоматизировать и оптимизировать процессы оценки работоспособности получаемых соединений (буксовых подшипников колесных пар, цельнокатаных колес, шестерен тяговых двигателей и пр.).

Проведено патентно-информационное исследование, выполнены разработки по обоснованию эффективного способа контроля прочности сопряжения тепловых поперечно-прессовых соединений колец буксовых подшипников с шейками осей по уровню напряженно-деформированного состояния (НДС) напрессованной детали. Новизна и полезность предложенного способа технической диагностики и технологической оснастки для его осуществления подтверждается рядом полученных патентов РБ и РФ на изобретения и полезные модели. Разработана методика оценки прочности соединений по показателям НДС, в основу которой заложен базовый принцип тензометрического контроля по замерам: а) оценочных нормальных растягивающих напряжений на поверхности чувствительного элемента измерительного устройства, устанавливаемого концентрично относительно контролируемого кольца подшипника, б) деформаций на наружной поверхности напрессованного кольца подшипника.

Предложенная методика осуществления контроля прочности, проверенная в производственных условиях вагонного депо при тепловой напрессовке колец подшипников, может быть использована и при оценке прочности механической напрессовки цельнокатаных колес на оси колесных пар. Дано научное обоснование и разработана методика по технической диагностике соединений для оценки прочности напрессовки колец подшипников с применением гидрораспора (ГПРТ) в зоне их сопряжения с шейками осей колесных пар. Признаны изобретениями новый способ неразрушающего контроля прочности напрессовки и устройства для его осуществления (RU 2329478 C1; RU 2415391 C1; BY 13116 C1; BY 15308 C1). Научная и практическая значимость проделанной работы в целом заключается в разработке и теоретическом обосновании принципиально нового способа контроля прочности сопряжения соединений с натягом колесных пар вагонов. Разработаны способ прямого контроля прочности напрессовки колец подшипников на относительный аксиальный сдвиг и устройства для его осуществления, а также рациональные устройства для распрессовки колец подшипников (BY 16667 C1; BY 7009 U; BY 8197 U).

УДК 623.486

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ПОДВИЖНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ВВТ

Н. В. ЧЕРНЫЙ, С. С. СТЕПАНОВ

Академия сухопутных войск МО Украины, г. Львов

Д. Н. ШЕВЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Успешное решение боевой задачи в значительной степени зависит от исправности вооружения и военной техники (ВВТ), которыми оснащены подразделения, части и соединения. В условиях ресурсных ограничений задача поддержания образцов ВВТ в готовности к использованию стоит особенно остро.

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 РЕЗЕРВАРАХ АВТОЦИСТЕРН

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-