

Для создания указанной лаборатории с привлечением студентов, которые обучались по специальности «Вагоны и вагонное хозяйство», была разработана научно-техническая документация, изготовлены стенды, созданы аппаратные и программные средства, компрессорная станция, состоящая из 2 компрессоров и воздухохранилителя объемом 3 м³.

Испытательные стенды защищены патентами Украины № 57332, 65385, 65386, 99104.

В 2011–2012 гг. в лаборатории тормозов подвижного состава впервые в Украине по заказу Государственной администрации железнодорожного транспорта Украины проведены исследования возможности совместной эксплуатации тормозов пассажирского поезда, оборудованного воздухораспределителями № 292, 240, КЕс.

По состоянию на 2016 г. научно-исследовательская специализированная лаборатория тормозов подвижного состава оснащена полным комплектом тормозных приборов пассажирских и грузовых локомотивов и вагонов, которые эксплуатируются на железнодорожном транспорте Украины. Эти приборы объединены в отдельные тормозные системы грузового, пассажирского и комбинированного «западноевропейского» типа подвижного состава. Все указанные системы объединены в общую тормозную сеть лаборатории, которая питается сжатым воздухом от компрессорной станции.

Тормозные приборы, испытательные стенды, оборудование и наглядные схемы обеспечивают в полном объеме проведение лабораторных работ и практических занятий студентов не только специальности «Вагоны и вагонное хозяйство», но также и специальностей «Электрический транспорт», «Локомотивы и локомотивное хозяйство».

УДК 629.463.3

МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЦЕМЕНТА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. И. СЕНЬКО, А. В. ПУТЯТО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Практика эксплуатации и техническое состояние вагонов показывают, что указанный в технических условиях срок службы в большинстве случаев далек от предельного. Во многом это связано как с существенным запасом прочности, заложенным при проектировании, так и с особенностями эксплуатации конкретного типа вагонов, в том числе сезонностью их использования.

В настоящее время в Республике Беларусь и ряде стран колеи 1520 мм принято решение о частичном отказе от регламентированных нормативных сроков службы для тех единиц подвижного состава, индивидуальный ресурс которых позволял разрешить их дальнейшую безаварийную эксплуатацию. В этом направлении уже выработана определенная процедура продления срока службы вагонам, но не более чем до полуторного от назначенного заводом-изготовителем. Подвижной состав после длительной эксплуатации (более полуторного от назначенного при изготовлении) требует дополнительного контроля для обеспечения безопасности движения. В частности, учитывая, что несущая конструкция вагона подвержена циклическим динамическим нагрузкам в процессе эксплуатации, следует уделять особое внимание определению фактических физико-механических характеристик металла.

В настоящее время имеется острая потребность в перевозке доломитной муки, для чего используются вагоны-цистерны для перевозки цемента моделей 15-Ц852, 15-Ц853, 15-1405. Значительная часть парка вагонов-цистерн для перевозки цемента достигла полуторного назначенного срока службы (42 года), однако по результатам контроля технического состояния вагоны находятся в удовлетворительном состоянии.

Целью работы является определение остаточного ресурса несущей конструкции вагона-цистерны для перевозки цемента после длительной эксплуатации (более полуторного назначенного срока службы) с котлом II группы согласно классификации [1], в котором для разгрузки создается давление 0,2 МПа.

Остаточный ресурс определялся на основании разработанной методики, включающей следующие этапы:

1 Изучение технической документации, условий эксплуатации, анализ информации по проведению технических освидетельствований и ремонтов вагонов-цистерн для перевозки цемента.

2 Разработка диагностических карт котла и рамы вагона, контроль технического состояния (визуальный контроль, измерение толщин элементов конструкции, контроль сварных швов и основного металла). Вагоны, попадающие под критерии браковки, подлежат списанию. Отбор вагона с худшим техническим состоянием для проведения испытаний.

3 Разработка компьютерных моделей и выполнение виртуальных испытаний вагона с учетом фактически установленных значений толщин элементов конструкции с целью определения соответствия деградированной конструкции требованиям актуальной нормативной документации.

4 Проведение натурных контрольных испытаний несущей конструкции вагона при характерных режимах нагружения.

5 Установление проблемных зон конструкции, разработка схемы вырезки образцов и их изготовление для исследования химического состава и физико-механических свойств материала несущей конструкции.

6 Исследование химического состава и физико-механических свойств материала несущей конструкции вагона после длительной эксплуатации (σ_t , σ_b , σ_{-1} , δ , ψ , HB , KCU).

7 Расчетно-экспериментальная оценка остаточного ресурса несущей конструкции вагона с учетом проведенных испытаний натурального объекта и установленных свойств материала.

Отличительной особенностью методики является учет при определении остаточного ресурса фактических физико-механических характеристик металла несущей конструкции после длительной интенсивной эксплуатации.

В качестве объекта исследования отобран вагон № 93718914, возраст которого на момент исследования составлял 42 года. Исследование химического состава, а также физико-механических характеристик материала несущей конструкции вагона выполнены специалистами кафедр «Локомотивы» и «Материаловедение и технологии материалов» университета. Комплекс расчетов и натурных испытаний вагона выполнен специалистами ОНИЛ «ГТОРЕПС» и ИЦ ЖТ «СЕКО».

В результате проведенных исследований установлено:

1 Хребтовая балка рамы вагона-цистерны № 93718914 изготовлена из стали, по химическому составу соответствующей стали марки Ст4сп. Сталь удовлетворяет требованиям ГОСТ 380-94 по химическому составу и ГОСТ 535–2005 по показателям «Предел текучести» (287 МПа) и «Предел прочности» (438,8 МПа).

2 Котел вагона-цистерны № 93718914 изготовлен из стали, по химическому составу соответствующей стали углеродистой обыкновенного качества марки Ст3сп или стали углеродистой качественной марки 20К. По пределу прочности (414 МПа) и пределу текучести (268 МПа) сталь котла удовлетворяет требованиям ГОСТ 535–2005 и ГОСТ 5520-79, предъявляемым к сталям 22К и Ст3сп.

3 Среднее значение твердости стали, из которой изготовлена хребтовая балка рамы, соответствует 141 НВ. Расхождение значений твердости на различных участках рамы не превышает 5 %. Среднее значение твердости стали котла составляет 115 НВ, а расхождение этого показателя на различных участках поверхности котла не превышает 4 %.

4 Сталь хребтовой балки обладает высокой ударной вязкостью ($KCV = 2060$ кДж/м²), а расхождение значений KCV в различных точках фрагмента вертикальной стенки не превышает 8,4 %. Среднее значение ударной вязкости материала котла составляет 53,5 Дж/см², расхождение на различных участках фрагмента котла не превышает 9,2 %.

5 Предел выносливости материала хребтовой балки σ_{-1} при чистом изгибе с вращением составил 210 МПа, материала котла – 205 МПа.

На основании полученных физико-механических характеристик материалов с учетом фактического технического состояния несущих элементов котла и рамы проведена оценка долговечности T_k по критерию усталостной прочности для выбранной зоны [2]:

$$T_k = \frac{\left(\frac{\sigma_{a,N}}{[n]} \right)^m N_0}{N_{c1} \sum_i (\sigma_{ai}^I)^m P_i^I + N_{c2} \sum_j (\sigma_{aj}^{II})^m P_j^{II} + N_{c3} \sum_k (\sigma_{ak}^{III})^m P_k^{III}},$$

где m – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах; $[n]$ – допускаемый коэффициент запаса сопротивления усталости; $\sigma_{a,N}$ – предел выносливости контрольной зоны несущей конструкции; N_{c1} , N_{c2} , N_{c3} – числа циклов за 1 год эксплуатации для каждой из эксплуатационных нагрузок соответственно; σ_{ai}^I , σ_{aj}^{II} , σ_{ak}^{III} – амплитуды динамических напряжений, приведённые к

симметричному циклу эквивалентные экспериментально полученным несимметричным для различных эксплуатационных нагрузок и их диапазонов; P_i^I , P_j^{II} , P_k^{III} – частота возникновения амплитуд при соответствующих напряжениях; N_0 – базовое число циклов.

По результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности по критерию усталостной прочности опытного образца вагона-цистерны для перевозки цемента № 93718914, возраст которого на момент исследования составлял 42 года, можно сделать заключение, что его несущая конструкция обладает остаточным ресурсом не менее 8 лет эксплуатации.

Список литературы

1 Единые методические указания по техническому диагностированию грузовых и рефрижераторных вагонов государств-участников Соглашений о совместном использовании грузовых и рефрижераторных вагонов в международном сообщении (протокол от 16 января 2003 г.).

2 **Третьяков, А. В.** Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации : [моногр.] / А. В. Третьяков. – СПб. : ОМ-Пресс, 2004. – 348 с.

УДК 629.431:629.4.015

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Е. Н. КОНОВАЛОВ, Л. В. ОГОРОДНИКОВ, А. В. ПУТЯТО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Эксплуатация поездов Минского метрополитена началась с 30 июня 1984 года на двух линиях, протяженность которых составляет 37,285 км с 29 станциями. В настоящее время перевозку пассажиров выполняют 72 пятивагонных состава. Подвижной состав состоит из вагонов моделей 81-717 (головной) и 81-714 (промежуточный). Вагоны указанной серии также эксплуатируются во многих городах соседних стран Киев, Харьков, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ташкент и др. Срок службы указанных моделей вагонов, назначенный заводом-изготовителем, составляет 31 год, и у ряда единиц истек к настоящему времени. Практика эксплуатации и ремонта вагонов показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что стало основанием предположить наличие в них остаточного ресурса. Процедура оценки остаточного ресурса несущих конструкций нашла широкое применение для железнодорожного подвижного состава в целом [4–6], а также и вагонов метрополитена [1]. В настоящее время ведутся исследования по оценке ресурса несущих конструкций локомотивов [2].

Одним из этапов такой работы является оценка эксплуатационной нагруженности несущих конструкций при штатных режимах эксплуатации с определением амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках, что и явилось целью настоящей работы.

Контрольные точки на основном металле вагона, приведенные на рисунке 1, выбирались в наиболее напряженных зонах, определенных на основании ранее проведенных прочностных расчетов, а также результатов технического обследования металлоконструкций вагонов.

Анализ особенностей эксплуатации объектов исследований показал:

- курсирование вагонов осуществляется по одному маршруту (Автозаводская линия метро);
- доля, приходящаяся на эксплуатацию в режиме «тяга», составляет 0,325; в режиме «торможение» – 0,325; в режиме «движение в кривой» – 0,35;
- среднесуточная скорость составляет 40,2 км/ч;
- среднесуточный пробег принят 400 км.

Прочностные ходовые испытания выполнены силами испытательного центра университета транспорта. В таблице приведены фрагменты полученного массива динамических напряжений для контрольных точек E4 и E5 несущей конструкции вагона модели 81-717, диапазона скоростей от 10 до 80 км/ч и трех режимов эксплуатации.

По результатам проведенных испытаний установлено, что значения напряжений не превысили допустимый уровень, регламентированный [3].

Полученный массив экспериментальных данных амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках позволяет выполнить оценку ресурса несущей конструкции вагона.