

механических характеристик материала, из которого изготовлены рамы и надрессорные балки. Боковые балки рамы и надрессорные балки, в процессе длительной эксплуатации, подвергались воздействию циклически изменяющейся нагрузки в большей степени, это может приводить к снижению показателей механических характеристик стали и аккумуляции дефектов в их конструкции. Опираясь на полученные результаты расчетов и испытаний, учитывая картину распределения напряжений, были установлены зоны, из которых произведена вырезка образцов металла, для исследования химического состава и физико-механических свойств металла.

Исследование химического состава, а также физико-механических характеристик материала, из которого изготовлены рамы и надрессорные балки тележек КВЗ-ЦНИИ-1 и КВЗ-ЦНИИ-М (после 28 лет эксплуатации, выполнено совместно со специалистами испытательного центра железнодорожного транспорта БелГУТа.

Сравнительный анализ химического состава исследуемого металла указывает на то, что элементы рамы и надрессорной балки тележек изготовлены из стали, химический состав которой соответствует стали углеродистой обычного качества марки СтЗсп.

Показатели механических характеристик стали элементов пассажирских тележек по исследуемым критериям (временное сопротивление σ_b , предел текучести σ_t , относительное удлинение δ и относительное сужение ψ стали при одноосном растяжении) в целом удовлетворяют требованиям ГОСТ 535, предъявляемым к стали СтЗсп.

Ударная вязкость с *V*-образным концентратором напряжений имеет очень малое рассеяние значений, а с *U*-образным концентратором – более значительное. При этом минимальные значения ударной вязкости, исследуемых образцов близки к нормируемым [1], установленным при температуре минус 20 °С.

Определение характеристик сопротивления механической усталости определяется по кривой усталости, которая представляет собой зависимость между амплитудой напряжений σ_a и количеством циклов N_b . Испытания проводились непрерывно до достижения предельного состояния образца. Критерием предельного состояния является разделение образца на две части, или до базового числа циклов, принимаемого равным 10^7 . Численное значение предела выносливости $\sigma_{-1} = 170$ МПа.

Исходными данными для определения остаточного ресурса выступили фактические механические свойства материала тележки после длительной эксплуатации и результаты экспериментальных натуральных исследований напряженно-деформированного состояния металлоконструкции тележки.

Таким образом, по результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности типовых представителей тележек пассажирских вагонов КВЗ-ЦНИИ-1 и КВЗ-ЦНИИ-М получено, что: коэффициент запаса сопротивления усталостной прочности рам и надрессорных балок тележек не ниже 1,95, при допускаемом значении 1,7 [2], что свидетельствует о достаточном запасе прочности у тележек для возможности их дальнейшей эксплуатации. Остаточный ресурс тележек, на основании результатов комплекса проведенных испытаний, составляет не менее 20 лет. Стоит отметить, что решение об установлении нового назначенного срока службы каждой конкретной тележке должно приниматься по результатам проведения контроля фактического технического состояния несущих элементов (рамы и надрессорной балки) с учетом всех факторов риска.

Список литературы

1 ГОСТ 535–2005. Прокал сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

2 Нормы для расчета и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВНИИЖТ. – М., 1983. – 260 с.

УДК 629.4.007-597.7

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

П. М. АФАНАСЬКОВ, А. В. ПУТЯТО, Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. В. БЕЛОГУБ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тяговый и подвижной составы пассажирских поездов Белорусской железной дороги оснащены электропневматическим тормозом. Он обеспечивает электрическое управление пневматическими тормозами для обеспечения синхронного срабатывания всех тормозов состава. Одной из неотъем-

лемых частей данной тормозной системы являются воздушные резервуары, предназначенные для создания запаса сжатого воздуха, необходимого для торможения. Они устанавливаются на каждую единицу подвижного состава, имеющую воздухораспределитель. Согласно [1] стальные воздушные резервуары выпускаются двух типов: с расчетным давлением 0,7 и 1,0 МПа.

Обследование технического состояния партии воздушных резервуаров сотрудниками отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Технические и технологические оценки ресурса единиц подвижного состава» Белорусского государственного университета транспорта выявило ряд характерных повреждений для воздушных резервуаров:

- уменьшения исходных толщин несущих элементов из-за общей коррозии;
- локальные коррозионные поражения в виде язв, раковин и питтингов, являющихся концентраторами напряжений и возможными источниками зарождения трещин. Это характерно для нижней образующей обечайки стальных горизонтальных воздушных резервуаров.

Предлагаемый подход к контролю технического состояния воздушных резервуаров, входящих в состав тормозных систем железнодорожного подвижного и тягового состава, заключается в выполнении комплекса технических мероприятий, направленных на выявление всех факторов, влияющих на безопасность его дальнейшей эксплуатации. В объем работ, выполняемых при контроле технического состояния воздушных резервуаров, которые изготовлены из стальных и алюминиевых сплавов, входят:

- наружный и внутренний осмотр воздушного резервуара (методами визуального контроля);
- определение остаточных толщин несущих элементов воздушного резервуара (методом ультразвуковой толщинометрии);
- обработка результатов контроля.

В задачи визуального контроля входят наружный и внутренний осмотры, позволяющие оценить степень коррозионных повреждений воздушного резервуара, определить их вид, геометрические характеристики и области локализации, а также выявить дефекты, которые могли возникнуть при монтаже и эксплуатации воздушного резервуара, и зоны, подлежащие углубленному контролю.

Осмотру подлежат все сварные соединения и основной металл воздушного резервуара в целях выявления в нем следующих дефектов:

- трещин, изломов, вмятин, выпучиваний и скручивания в элементах металлоконструкции;
- уменьшения номинальных толщин несущих элементов из-за общей коррозии;
- локальных коррозионных поражений в виде язв, раковин и питтингов.

Определен ряд зон, в которых возможно появление дефектов:

- зоны концентрации напряжений (места крепления штуцеров);
- сварные швы приварки днищ, и прежде всего места пересечений сварных швов;
- нижняя образующая обечайки воздушных резервуаров, которая наиболее подвержена общей коррозии из-за скопления конденсата (для стальных воздушных резервуаров).
- зоны поясов крепления алюминиевых резервуаров, на предмет возникновения электрохимической коррозии вследствие нарушения целостности изоляции между крепежными поясами и воздушным резервуаром.

Осмотр внутренней поверхности предлагается проводить с использованием эндоскопа. При обнаружении внутренних коррозионных повреждений оценивается локализация этих повреждений для проведения ультразвуковой толщинометрии данной зоны в увеличенном объеме.

Измерение толщин основных несущих элементов воздушных резервуаров должно производиться независимо от того, обнаружен или не обнаружен дефект этих элементов визуально. Перед измерением толщин необходимо провести подготовку поверхности контроля, для чего необходимо очистить поверхность контроля от отслаивающейся окалины, защитных покрытий и продуктов коррозии. Поверхность в зонах контроля должна быть зачищена до шероховатости не хуже $Rz = 40$ мкм.

За фактическую толщину сечения измеряемых элементов воздушного резервуара принимают минимальное значение из устойчивых показаний индикатора толщиномеров, полученных в одной точке (не менее трех измерений). За номинальную толщину элемента стального воздушного резервуара принимают паспортное значение для резервуаров данного типа. За номинальную толщину элемента алюминиевого воздушного резервуара принимают паспортное значение для резервуара данного типа или, при отсутствии такового, значение толщины элемента, измеренное при помощи ультразвуковой толщинометрии, в области, не подверженной коррозионному или механическому повреждению.

Схема контрольных точек для измерения толщин стального воздушного резервуара представлена на рисунке 1.

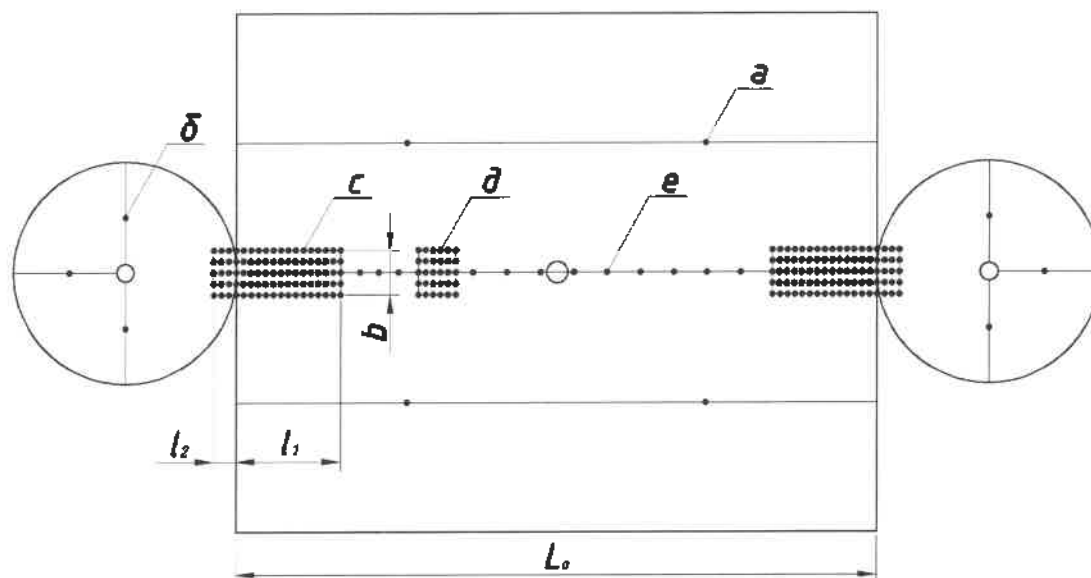


Рисунок 1 – Схема контрольных точек

Толщинометрия выполняется с наружной поверхности сосуда. Измерения проводятся по трем образующим обечайки (рисунок 1, зона а), по радиусам днища через 90° (рисунок 1, зона б). Для стальных горизонтальных воздушных резервуаров основные измерения должны выполняться в зоне нижней образующей обечайки. Контролируемая зона (рисунок 1, зона с), по краям воздушного резервуара l_1 , должна составлять не менее $1/6 L_0$, ширина зоны контроля b должна быть не менее 50 мм. Толщинометрия на данном участке должна проводиться сеткой с шагом не более 10 мм. Зона контроля на днище l_2 , должна рассчитываться по формуле

$$l_2 = l + \frac{r}{2}. \quad (1)$$

Значения величин l и r приведены в [1, таблица 1].

Остальные измерения выполняются вдоль нижней образующей обечайки, с шагом не более 20 мм (рисунок 1, зона е).

Если при внешнем или внутреннем осмотре будут выявлены дефектные зоны (области интенсивной общей коррозии), то необходимо провести дополнительные измерения толщин в дефектных зонах; число точек измерений зависит от размеров дефектной зоны и должно быть достаточным для получения достоверной информации о толщине стенки в дефектной зоне, толщинометрия должна проводиться сеткой с шагом не более 3 мм (рисунок 1, зона д).

Глубину местных коррозионных повреждений (на алюминиевых резервуарах) определяют путем непосредственного измерения индикатором – глубиномером. Допустимая глубина местных коррозионных повреждений не должна превышать 10 % от номинального значения толщины.

Остаточный ресурс безопасной эксплуатации воздушного резервуара зависит от его технического состояния, скорости коррозии и продолжительности эксплуатации. При вынесении заключения о возможности дальнейшей эксплуатации стального воздушного резервуара необходимо соблюдение условия

$$S = s_f - ks_i - U \geq [s], \quad (2)$$

где s_f – минимальное фактическое значение толщины элемента, по результатам ультразвуковой толщинометрии, мм; k – расчетный срок эксплуатации резервуара, в годах; c_i – расчетная скорость коррозии металла воздушного резервуара 0,05 мм/год; U – расширенная неопределенность измерения, мм; $[s]$ – минимально допустимое значение толщины элемента из таблицы 1, мм.

Показателем точности измерения толщины стенки является неопределенность измерений. Расширенную неопределенность измерения (U) для уровня доверия 95 % определяют по формуле

$$U = k u_c(H), \quad (3)$$

где k – коэффициент охвата; $u_c(H)$ – суммарная стандартная неопределенность.

При проведении измерений ультразвуковым толщиномером обеспеченная расширенная неопределенность измерения толщины в диапазоне от 0,5 до 10 мм в предположении, что шероховатость поверхности противоположной стороне ввода ультразвуковой волны $Rz-320$ мкм, составляет не более $\pm 0,2$ мм. Оценка расширенной неопределенности проведена в предположении нормального распределения при коэффициенте охвата $k = 2,0$ для уровня доверия $P = 95 \%$.

Таблица 1 – Минимально допустимые значения толщин элементов стальных резервуаров, рассчитанные по [2] с учетом деградации материала

Номинальное значение толщины	Минимально допустимое значение толщины
2,5	1,7
3,0	2,2
3,9	3,0
4,0	3,1
5,0	4,0
6,0	4,9
8,0	6,7

В миллиметрах

При вынесении заключения о возможности дальнейшей эксплуатации алюминиевого воздушно-го резервуара необходимо соблюдение условия

$$s_f + p_i \leq 0,1 s_n, \quad (4)$$

где s_f – глубина местного коррозионного повреждения, мм; p_i – погрешность измерения глубиномера, мм; s_n – номинальное значение толщины элемента, мм.

Список литературы

- 1 ГОСТ 1561–75. Резервуары воздушные для автотормозов вагонов железных дорог. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.
- 2 ГОСТ 14249–89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 56 с.

УДК 629.424.004

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ ДДБ1 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

П. М. АФАНАСЬКОВ, Р. И. ЧЕРНИН, И. А. ТИТОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 1998 года ОАО «Демидовский машиностроительный завод» выпустил десять составов дизель-поезда на базе тепловозной тяги ДДБ1. Составы были выпущены по заказу Белорусской железной дороги и состояли из десяти промежуточных вагонов и двух тепловозных секций. Промежуточные вагоны модели 63-322 имеют высокую степень унификации с вагонами электропоездов семейства ЭД2Т/ЭД4. Тяговыми единицами изначально являлись 2 секции доработанного тепловоза 2М62У устанавливаемых по концам состава.

В связи с избыточностью количества вагонов на используемых маршрутах в 2005 году было решено каждый из десятивагонных поездов ДДБ1 разделить на две части, дополнив их головными вагонами по аналогии с дизель-поездами ДРБ1. У Рижского вагоностроительного завода были закуплены прицепные головные вагоны модели 63-550, вследствие чего были вновь сформированы поезда, состоящие из шести пассажирских вагонов и одной тепловозной секции. В периоды спада пассажиропотока (зимнее время) число пассажирских вагонов могло сокращаться до трёх. При эксплуатации допускается сокращение числа вагонов вплоть до одного с формированием по схемам тяговая секция – прицепной головной вагон или тяговая секция-прицепных промежуточных вагонов-тяговая секция.

Для упорядочения, повышения эффективности и качества процесса ремонта дизель-поездов ДДБ1 в условиях локомотивных депо Белорусской железной дороги возникла необходимость в раз-