

- относительный прогиб в средней части несущих конструкций контактной сети;
- обратное напряжение диодного заземлителя;
- импульсное напряжение срабатывания устройств защиты станций стыкования;
- необходимый уровень защиты от опасного и вредного воздействия электромагнитных полей;
- автоматическое отключение элементов составных частей в аварийном режиме работы, исключающее возгорание его частей;
- уровень электромагнитного излучения;
- в) обеспечение механической прочности оборудования при воздействии:
  - эксплуатационных нагрузок;
  - нагрузок в расчетных аварийных режимах;
  - монтажных нагрузок;
- г) безопасное функционирование при одновременном воздействии эксплуатационных или аварийных нагрузок и климатических факторов, соответствующих нормативным показателям района эксплуатации;
- д) обеспечение безопасности оперативного и оперативно-ремонтного персонала от возможного попадания под напряжение и поражения электрическим током;
- е) обеспечения посредством элементов составных частей снабжения тягового подвижного состава, сооружений и устройств подсистем инфраструктуры железнодорожного транспорта электроэнергией с показателями качества, обеспечивающими их безопасное функционирование и повышение энергетической эффективности;
- ж) средства телемеханизации для систем электроснабжения должны:
  - сохранять работоспособное состояние во всех предусмотренных режимах эксплуатации;
  - обеспечивать электромагнитную совместимость с другими техническими средствами железнодорожного транспорта, быть устойчивыми к воздействию внешних магнитных полей, электрическим импульсам и электрическим разрядам;
  - выполнять функции телесигнализации, телеуправления и телеизмерения;
  - быть совместимыми по сигналам телеуправления, телесигнализации и телеизмерения;
  - обеспечивать достоверность передачи информации и индикации её на рабочих местах;
  - при отсутствии питания автоматически завершать работу средств телемеханизации, что исключит потери либо искажения сигналов, либо потери работоспособности.

УДК 629.421.4

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОДЛЕНИЮ НАЗНАЧЕННОГО СРОКА СЛУЖБЫ ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕГКИХ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ГРУЗОВ**

*М. Б. КЕЛЬРИХ, Н. С. БРАЙКОВСКАЯ, П. Н. ПРОКОПЕНКО*

*Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина*

Среди сыпучих грузов, перевозимых по железной дороге, в особую группу выделяют грузы с различной насыпной плотностью, состоящие из мелких частиц, размеры фракций которых составляют не более 1 мм. Такие грузы называются порошкообразными. К ним относятся: цемент, минеральные удобрения, кальцинированная сода, поливинилхлорид, глинозем и др.

В настоящее время перевозки порошкообразных грузов осуществляются в специализированных вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа, которые оборудуются системой аэропневмовыгрузки, а также в вагонах-хопперах с гравитационной разгрузкой.

Разнообразие перевозимых грузов, их различия по физико-химическим свойствам, насыпной плотности и свойству слеживаности привели к необходимости создания целого ряда железнодорожных цистерн, конструктивно отличающихся друг от друга. Из большинства рассматриваемых порошкообразных грузов наименьшую среднюю насыпную плотность имеют кальцинированная сода ( $\gamma_{\text{ср}} = 0,68 \text{ т/м}^3$ ) и поливинилхлорид ( $\gamma_{\text{ср}} = 0,55 \text{ т/м}^3$ ). Эти грузы относятся к группе легких порошкообразных грузов.

В последние годы резко сократилось производство вагонов для порошкообразных грузов, что обуславливает значительные трудности в доставке таких грузов потребителям. Отсутствие систематического пополнения вагонного парка новыми более современными вагонами привело к их существенному старению, увеличению ремонтных и эксплуатационных затрат на восстановление их работоспособности, снижению уровня безопасности движения. Вместе с тем в вагонном парке имеются вагоны со сроком службы, который превышает назначенный (24 года). Техническое состояние таких вагонов, по предварительным данным с мест эксплуатации, удовлетворяет требования эксплуатации.

Самыми образцовыми цистернами для перевозки указанных легких порошкообразных грузов являются цистерна модели 15-1449 (кальцинированная сода) и 15-1498 (поливинилхлорид). Отличительной особенностью этих моделей цистерн является их безрамное исполнение [7].

Для решения вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации указанных вагонов необходимо подтвердить соответствие этих вагонов действующей нормативно-технической документации. Основными критериями, определяющими ресурс вагона и эксплуатационную надежность, являются оборот вагона и среднесуточный пробег.

Прогнозирование остаточного ресурса осуществляется по двум критериям: по предельному состоянию и по несущей способности элементов, узлов и оборудования конструкции.

Учитывая, что итоговые характеристики прочности и ресурса определяются по результатам анализа комплекса различных факторов, для определения возможности дальнейшей эксплуатации и обоснования величины, на которую может быть продлен назначенный срок службы вагонов-цистерн, необходимо выполнить обследование их технического состояния в эксплуатации, а также комплекс исследовательских испытаний, включающий :

- контрольные испытания котла и полурамы цистерны на статические нагрузки (от массы груза; продольных сжимающих и растягивающих сил, приложенных к полураме; внутреннего рабочего и испытательного давлений и др.);

- испытания на малоцикловое нагружение котла цистерны внутренним рабочим и испытательным давлением;

- испытания цистерны на соударение и ограниченный ресурс при многократных соударениях;

- испытание предохранительной и запорной арматуры и узлов системы аэропневмовыгрузки на работоспособность, надежность, ресурс при действии вибрационных и ударных нагрузок, определение коэффициента расхода ( $\lambda$ );

- металлографические и другие исследования металла котла цистерн разрушающими и неразрушающими методами контроля;

- исследования зависимости коррозионной стойкости материала котла от воздействия перевозимого продукта и атмосферы.

Статические испытания проводились при действии следующих нагрузок: вертикальной статической от налива котла водой; внутреннего избыточного давления 0,2 и 0,3 МПа; продольных сжимающих и растягивающих сил 1,0 и 2,5 МН; подъема под розетку до достижения усилия на домкрате 250 кН; испытание отколов при давлении в подоткосном пространстве 0,02, 0,03, 0,04 МПа; нагрузки, возникающие при ремонте вагонов.

Испытания котла на прочность при малоцикловой нагрузке рабочим и испытательным давлением предусматривают оценку прочности выслуживших полный срок службы котлов и их элементов. Один цикл нагружения заполненного водой котла включает повышение давления от нуля до величины, равной рабочему давлению при разгрузке 0,2 МПа, с последующим понижением до нуля. Количество циклов нагружений устанавливается исходя из числа погрузок и разгрузок за один год с учетом полуторакратного запаса. Число циклов нагружения испытательным давлением определяется величиной предполагаемого продления срока службы и количеством проведенных гидравлических испытаний.

**Ресурсные ударные испытания.** Учитывая, что нагружение вагонов-цистерн в эксплуатации имеет многокомпонентный характер, для обоснования возможности продления их срока службы вагоны должны быть подвергнуты испытаниям на совместное действие вертикальной нагрузки и продольных усилий соударения, приложенных к упорам автосцепки.

Таковыми испытаниями являются типовые и ресурсные соударения. Целью ресурсных испытаний является оценка прочности исследуемого вагона при многократных соударениях путем набегания вагона-бойка на стоящий в упоре испытываемый вагон-цистерну.

Целью испытаний предохранительной арматуры является проверка работоспособности и определение показателей надежности для продления ее на срок службы, установленный по результатам контрольных испытаний. Ресурсным испытаниям подвергаются не менее трех предохранительных устройств каждого типа.

Определяемыми показателями являются: средний срок службы, средний ресурс, наработка на отказ, коэффициент расхода воздуха, производительность.

При проведении испытаний предохранительные клапаны совершают срабатывание (рабочие циклы). Критерием прекращения испытаний является нарушение целостности прокладки предохранительного клапана или отказ клапана.

Для имитации вибрационных и ударных нагрузок, соответствующих условиям эксплуатации, используются вибрационные и ударные стенды, на которых предохранительные клапаны подвергаются вибрационным нагрузкам при следующих значениях ускорений: 5g – продольное; 1g – вертикальное; 1g – угловое.

Необходимость проведения дополнительных испытаний (усталостные испытания цистерны в целом) определяется после проведения вышеперечисленных испытаний.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 33211–2017. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – М. : Стандартинформ. – 54 с.
- 2 ГОСТ 33788-2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества. – Введ. 01.05.2017. – М. : Стандартинформ.
- 3 Путятю, А. В. Моделирование статической и динамической загрузки кузова вагона сыпучим грузом / А. В. Путятю : сб. науч. прай. – Харків : УкрДАЗТ, 2007. – Вып. 82. – С. 99–104.
- 4 Путятю, А. В. Нагруженность кузова вагона при транспортировке сыпучих грузов / А. В. Путятю, А. О. Шимановский // Теоретическая и прикладная механика : науч.-техн. междунар. журнал. – Минск, 2007. – Вып. 22. – С. 149–151.
- 5 Никодимов, А. П. Исследования и выбор параметров железнодорожных цистерн для порошкообразных грузов : дис ... канд. техн. наук / А. П. Никодимов. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1979.
- 6 НПА ОП 0.00-1.07–94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – Киев, 1998.
- 7 Грузовые вагоны железных дорог колеи 1520 мм. 002И-2009 ПКБ ЦВ : альбом-справочник.

УДК 01.02.03

### ТРЕЩИНЫ В ОСЯХ И КОЛЕСАХ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: ИСПЫТАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

*Д. А. КНЯЗЕВ, М. Н. ОВЕЧНИКОВ, Э. С. ОГАНЬЯН, А. Л. ПРОТОПОПОВ, М. В. ТИМАКОВ*

*АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ВНИКТИ), г. Коломна, Российская Федерация*

В процессе эксплуатации различных объектов, подвергающихся регулярному нагружению, происходит постепенное накопление повреждений, приводящее к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению конструкции.

По существующим нормативам эксплуатация конструкции с трещиной не допускается. Для этого существуют различные виды контроля: визуальный, ультразвуковой, магнитопорошковый и т. д. Однако все виды контроля допускают вероятность пропустить трещину в эксплуатацию. Также характерной особенностью является минимальный размер дефекта, который способен выявить каждый из методов контроля.

Таким образом, имеется вероятность того, что в промежутке времени между двумя процедурами контроля, эксплуатация объекта будет проходить с наличием трещины, которая будет развиваться.

В связи с этим представляется целесообразным определить интервал времени, в течение которого необходимо проводить освидетельствование конструкции.

Существует множество моделей, связывающих между собой размер трещины и количество циклов, в течение которых она развилась от некоего начального размера до критического состояния под данной нагрузкой. Далее, зная блок нагруженности конструкции, можно оценить общее количество циклов (времени или километров пробега) до разрушения.

Для проведения моделирования необходимы значения характеристик, которые можно получить в результате стендовых испытаний.