

математические модели для определения надежности локомотивов. Результаты исследования можно сформулировать так:

1 Надежность тягового подвижного состава не может быть определена непосредственно, поэтому необходимо рассматривать количественные и комплексные параметры надежности. При исследовании надежности тягового подвижного состава надо выбрать план наблюдений, на основе статистических данных выбрать закон распределения параметров, а также выбрать формулы для определения параметров надежности.

2 Для облегчения сбора, фильтрации, хранения и анализа статистических данных была создана информационная база данных, в которую вносилась информация о всех неисправностях и пробегах тяговых единиц и в которой автоматически рассчитывались основные параметры надежности.

3 Используя собранную и обработанную статистическую информацию, были определены основные параметры надежности магистральных тепловозов: среднее число отказов, которое для грузовых тепловозов за исследуемый период достигало 79 отказов; интенсивность отказов для грузовых локомотивов (доходила до 171 отказов на 1 млн км); вероятность безотказной работы грузовых тепловозов (приближалась к 0 при пробегах в 44 тыс. км).

4 В исследуемой группе локомотивов эксплуатировались различного возраста и уровня надежности тепловозы, которым производились различные периодические осмотры и ремонты. В исследовании разработан алгоритм обработки статистических данных, который оценивает влияние возраста и периодические ремонты локомотивов на показатели надежности.

5 Когда известен уровень надежности тягового подвижного состава, можно решить проблему структуризации запасных частей для локомотивного хозяйства – из большого числа номенклатурных групп выделить главные, которые должны быть оптимизированы в первую очередь. В исследовании создан метод разделения номенклатурных групп запасных частей локомотивов по основным параметрам надежности. Метод позволяет эффективно структурировать запасные части, оценивая потребность в них, расходы на закупки, техническое обслуживание и хранение.

УДК 629.4 37.62-192

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

С. В. ПЕТРОВ, В. П. КАЗАЧЕНКО, А. Н. ПОПОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Резиновые уплотнения, используемые в различных механизмах подвижного состава, являются деталями, которые достаточно часто заменяют из-за их выхода со строя. Иногда именно для их замены специально проводится ремонт тепловозов. Поэтому повышение срока службы резиновых уплотнений, их надежности в процессе эксплуатации является важной задачей.

Одним из технических решений, позволяющим повысить работоспособность резиновых уплотнений, является модифицирование поверхности резинотехнических изделий различными методами, в частности нанесением алмазоподобных покрытий (АПП).

В качестве подложек использовались бутадиен-нитрильные маслостойкие резины СКН-26 и МБС (ГОСТ 7338-90), широко применяемые в машиностроении из-за стойкости к действию масел, топлив и низкой стоимости.

Нанесение АПП осуществляется с помощью источника плазмы импульсного катодно-дугового разряда с центральным электродом из графита, являющимся катодом, испаряющимся в процессе сильноточного дугового импульсного разряда. Цилиндрические катоды источников плазмы изготавливались из высококачественного графита марок МПГ – 6 (99,999 %) с плотностью $1,8 \text{ г/см}^3$. Диаметр катода составлял 29 мм. Покрытия наносились по следующим режимам: количество импульсов $N = 7500$; время нанесения $t = 25$ мин; частота 5 Гц; давление $P = 0,059$ Па.

Исходные и модифицированные образцы испытывались без смазочного материала на машине трения 2070 СМТ-1 при помощи специально сконструированного для данных целей приспособления для торцевого трения. Данное приспособление служит для испытания образцов резиновых уплотнений на способность удерживать жидкие смазочные материалы в процессе работы трибосопряжения, а также на способность работы в условиях трения без смазочных материалов. Режимы испытаний: скорость $v = 0,25$ м/с; давление $P = 0,03$ МПа, время $t_{\text{исп}} = 90$ мин.

Результаты испытаний показали, что нанесение АПП приводит к значительному уменьшению коэффициента трения (в 12 раз), интенсивности изнашивания резинового образца (в 17 раз), интенсивности изнашивания контртела (в 16,5 раза), температуры в зоне трения (в 2,7 раза). При этом у модифицированных резин ко-

коэффициент трения долгое время остается постоянным, сохраняет свое предельно низкое значение. Изучение дорожек трения на резиновых образцах показало, что нанесение на поверхность резинового образца АПП изменяет механизм изнашивания. У необработанной резины образуются трещины из-за термодеструкции, так как большой коэффициент трения вызывает значительное повышение температуры в зоне контакта. У модифицированных резин механизм трения, по-видимому, усталостный.

Механизм снижения коэффициента трения у модифицированных резин при трении без смазки может быть объяснен частичной графитизацией алмазоподобного покрытия. Этот процесс связан с тем, что на точках фактического контакта происходит трибопревращение в sp^3 связей, характерных для алмаза, в sp^2 связей, характерные для графита. Указанные превращения могут вызывать снижение трения за счет характерного для графита эффекта самосмазывания. После периода приработки, на стадии стационарного трения, коэффициент трения $f = 0,3$ и интенсивность изнашивания РТИ оставались стабильно низкими. Это можно объяснить регулярным микропревращением алмазоподобного углерода в графитоподобный, о чем свидетельствует незначительная установившаяся температура в зоне трения 30°C .

Таким образом, использование алмазоподобных покрытий на резиновых уплотнениях может значительно повысить их работоспособность и снизить потери при трении. Это дает возможность уменьшить затраты на ремонт и повысить надежность работы подвижного состава.

УДК 629.463.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛА ЦИСТЕРНЫ

А. В. ПИГУНОВ, П. М. АФАНАСЬКОВ, В. Г. ГУБАРЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время критерием исключения из инвентарного парка вагонов-цистерн или замены котла является предельный коррозионный износ для трех следующих схем износа: двух днищ; одного днища и одного продольного листа; двух продольных листов. Предельная величина коррозионного износа листов котла – 50 % и более от номинальной толщины, а в броневом листе в местах опор – 30 %.

По нашему мнению, данные величины износов не совсем обоснованы, так как не на всех участках котла коррозионные процессы протекают с одинаковой интенсивностью, а также уровень напряжений не везде одинаковый. Поэтому критерием наступления предельного состояния элементов котла цистерны должна являться потеря несущей способности – прочности или устойчивости вследствие износов, возникающих в процессе эксплуатации. Для реализации данного подхода необходимо разработка конечно-элементной модели котла и схемы коррозионных повреждений.

Четырехосные цистерны модели 13-1443 с внутренним диаметром котла 3000 мм являются наиболее многочисленными в своем классе. Конструкция кузова вагона включает в себя котел и раму. Котел в консольных частях опирается на раму непосредственно через деревянные бруски. Для предотвращения вертикальных и продольных смещений относительно рамы котел дополнительно в консольных частях притянут при помощи стальных хомутов. В средней части посредством четырех фасонных лап, он жестко соединен с рамой, что ограничивает его продольные смещения.

Для оценки остаточной несущей способности котла цистерны была разработана его пространственная расчетная конечно-элементная модель (рисунок 1). Она достаточно подробно повторяет реальную конструкцию. При ее составлении были учтены все конструктивные особенности котла. Смоделированы заливная горловина и универсальный сливной прибор. В нижнем броневом листе учтен уклон, который образован выштамповкой, обеспечивающий более полный слив нефтепродуктов.

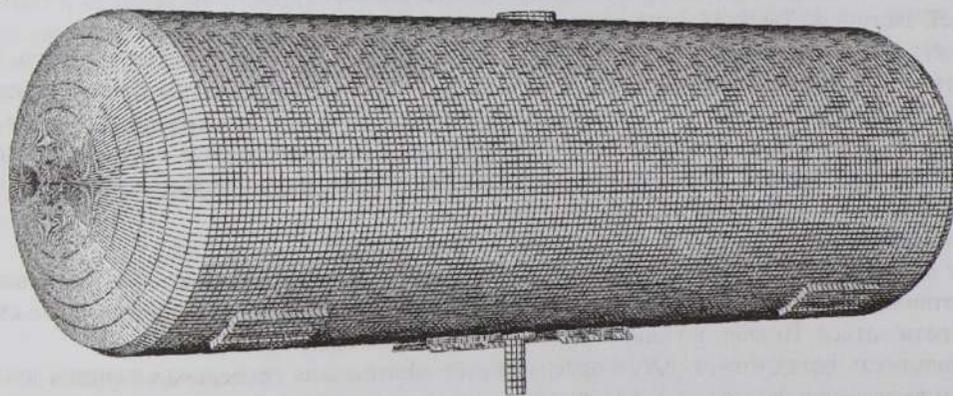


Рисунок 1 – Расчетная модель котла четырехосной цистерны