

Уточнение модели проводилось с использованием полученных ранее расчетов напряженно-деформированного состояния для прямого и обратного хода. В результате расчетов удалось установить, что разница деформаций корпуса аппарата для одной и той же величины хода при движении по ветви нагрузки и разгрузки составляет до 0,75 мм, что с учетом геометрии клиновой системы требует до 0,9 мм хода аппарата для перехода с одной ветви на другую. Корректировка модели аппарата с учетом деформации корпуса привела к принципиально иным результатам (рисунок 2, б). Это позволило определять напряжения в несущей конструкции прямым моделированием соударения. Пример расчета напряжений в хребтовой и шкворневой балках при соударении показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Напряжения в шкворневой и хребтовой балках (Па) за время удара

Как видно из рисунков, в результате моделирования получены зависимости силы от хода, хорошо соответствующие экспериментальным данным, однако требуется дополнительный подбор параметров модели (прежде всего коэффициентов трения на всех поверхностях) для получения наилучшего совпадения максимального хода и скорости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колес 1520 мм (несамоходных). – М: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
- 2 Болдырев, А. П. Расчет и проектирование амортизаторов удара подвижного состава /А. П. Болдырев, Б. Г. Кеглин. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 199 с.

УДК 629.42

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЛИТОВСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В. Л. ПЕТРЕНКО

*Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва*

Надежность тягового подвижного состава – это способность сохранения технических параметров тягового подвижного состава в определенный период эксплуатации. Если уровень надежности локомотива не является достаточно высоким, он не может реализовать свои качественные показатели, например, предназначение или экономия энергетических ресурсов. Низкий уровень надежности тягового подвижного состава снижает экономическую эффективность железных дорог, увеличивает стоимость перевозки грузов и пассажиров.

В настоящее время АО „Литовские железные дороги” использует различные виды тягового подвижного состава: пассажирские и грузовые тепловозы, также компания использует три типа маневровых тепловозов. В перевозке пассажиров используются дизельные и электрические поезда, моторисы. Количество тягового подвижного состава компании является довольно скромным. Так используется, например, 12 пассажирских и 89 маневровых тепловозов.

Основной проблемой локомотивного хозяйства Литвы является технический и моральный износ тягового подвижного состава. Например, компания использует пассажирские тепловозы, средний возраст которых составляет 30 лет, а средний пробег – 4 млн км. Такой почтенный возраст и интенсивная эксплуатация подвижного состава снижает надежность и увеличивает число отказов локомотивов. Поэтому целью данного исследования являлось изучить надежность тягового подвижного состава Литовских железных дорог и создать

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 высокочистого 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-