

где V_k – рабочий объем ролика ($V_k \ll V_0$, V_0 – его геометрический объем).

Используя инварианты тензора поврежденности (6), установим тензорную меру поврежденности

$$\omega_p^{(\tau)} = \left[1 - \prod_{i=1}^3 (1 - \omega_i) \right] R_\omega, \quad (8)$$

где R_ω – параметр взаимодействия повреждений (ω_i).

Критерий подобия при трении качения для j -того ролика имеет вид

$$\Pi_j = \frac{V_{\tau}}{V_{st}}. \quad (9)$$

Для экспериментальной оценки сопротивления усталости модели зубчатых зацеплений предлагается метод совмещенных испытаний. Модели зубчатых зацеплений были изготовлены из стали 18ХГТ. Упрочнение поверхностного слоя образца проведено по технологии натурной детали – цементация на глубину $h = 0,4 \dots 0,8$ мм с последующей закалкой до твердости 54 – 64 HRCэ. Рабочие поверхности образцов и роликов шлифовали. Испытания проводили на машине для износоусталостных испытаний УИМ при частоте 3000 мин⁻¹ в условиях нормальной температуры. В зону контакта капельным способом подавали смазку.

Испытания проводили непрерывно до наступления предельного состояния или до базового числа циклов. Сначала при более высоких нагрузках реализуется изгибная усталость. Критерием предельного состояния являлось разрушение образца (разделение образца на две части в результате развития в его опасном сечении поперечной магистральной трещины). База испытаний – 10^7 циклов. По результатам испытаний построена кривая изгибной усталости с абсциссой точки перелома порядка $2 \cdot 10^6$ циклов, и определена предельная нагрузка по критерию изгибной усталости $F_G = 1900$ Н, соответствующая пределу выносливости $\sigma_{-1} = 570$ МПа.

Затем, при более низких нагрузках, реализуется контактная усталость. Критерием предельного состояния являлось предельное сближение осей в силовой системе (100 мкм). База испытаний – $3 \cdot 10^7$ циклов. По результатам испытаний построена кривая контактной усталости с абсциссой точки перелома порядка $3 \cdot 10^7$ циклов и определена предельная нагрузка по критерию контактной усталости $F_R = 200$ Н, соответствующая пределу контактной усталости $p_f = 3100$ МПа.

Критерии подобия (4) и (9) обеспечивают возможность адекватного перехода от натурной конструкции к малоразмерной модели – и наоборот. Это ведет к резкому снижению затрат на испытания как на стадии проектирования, так и в процессе доводки новых машин.

УДК 629.4.08

ИНЕРЦИОННЫЙ ЖАЛЮЗИЙНЫЙ ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЬ

А. В. ГРИЩЕНКО, А. Н. СМЕРНОВ

Петербургский государственный университет путей сообщения

Надежность и срок службы тяговых электрических машин тепловоза в значительной степени определяются эффективностью работы системы их охлаждения. Воздух в систему охлаждения поступает непосредственно из атмосферы или из дизельного помещения. В обоих случаях он содержит взвешенные частицы загрязнения, вредно влияющие на состояние тяговых электрических машин. Качество атмосферного воздуха как рабочего тела характеризуется содержанием в нем аэрозолей, представляющих собой взвешенные в воздухе частицы размером от 0,01 до 8000 мкм. Пыль – одна из разновидностей аэрозолей, т.е. дисперсионных систем, состоящих из твердых или жидких частиц, взвешенных в газовой среде.

Существующие устройства для очистки воздуха в тепловозах имеют существенные недостатки: низкая эффективность, недолговечность, ухудшение характеристик во время эксплуатации, а также необходимость периодического обслуживания. Применяемые на тепловозах ТЭП70 и ТЭП80 пенополиуретановые воздушные фильтры, кроме того, являются пожароопасными.

На кафедре «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ПГУПС разработан и проходит опытную эксплуатацию инерционный жалюзийный воздухоочиститель, представляющий собой аэродинамическую систему, обладающую рядом особенностей:

- 1) через очиститель воздуха движется смесь воздуха и пыли;
- 2) при прохождении через тракт очистки воздушный поток претерпевает изменения скорости и направления движения;
- 3) частицы пыли, за исключением мельчайших (менее 2 мкм), в силу своей инерционности и длительного времени релаксации не успевают следовать за движением воздушного потока и отклоняются от него, что является решающим для работы инерционных воздухоочистителей;
- 4) очиститель должен органически вписываться в компоновку воздухопровода охлаждения тяговых электрических машин тепловоза с минимальными переделками.

Эти требования вытекают из того, что система охлаждения тяговых электрических машин должна поддерживать требуемые температурные режимы при любом значении температуры и запыленности окружающего тепловоза воздуха.

Гидравлическое сопротивление наряду с эффективностью очистки является основной характеристикой воздухоочистителя и определяется потерями энергии воздушного потока на отдельных участках аэродинамического тракта. Величина допустимого гидравлического сопротивления фильтрующего устройства определяется типом применяемого на тепловозе вентилятора.

Основными элементами конструкции воздухоочистителя, определяющими эти потери, являются входные жалюзи и решетка воздухоочистителя. Величины потерь будут зависеть от конкретных конструктивных решений, в связи с чем при выполнении даже предварительного анализа необходимо ориентироваться на определенную конструктивную схему устройства. В качестве варианта такой схемы был разработан эскизный проект воздухозаборного устройства тепловоза ТЭП70 с инерционными воздухоочистителями.

С увеличением шага жалюзийной решетки течение воздушного потока принимает более ламинарный характер, который отличается плавным обтеканием препятствий и его поворотом. Это приводит к тому, что уменьшается количество завихрений и разрывов воздушного потока. Такое течение способствует снижению гидравлического сопротивления жалюзийной решетки.

Решая вопрос об эффективности фильтра для очистки охлаждающего тяговые электрические машины воздуха, необходимо иметь в виду, что он не может иметь КПД 100 %. Поэтому в систему охлаждения проникает некоторое количество пыли. Вполне вероятно, что эта пыль будет осаждаться на элементах системы охлаждения, что может приводить к уменьшению коэффициента теплопередачи в окружающую среду и повышению температуры отдельных элементов электрической передачи тепловоза.

Случаев отложения пыли на поверхности и в каналах для прохода охлаждающего воздуха тяговых электродвигателей в процессе профилактических осмотров на опытном тепловозе не зафиксировано.

УДК 681.518.54+620.19

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Н. Г. ЕРМАКОВ, О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Проблема повышения надежности транспортных средств, различных машин, механизмов и их отдельных узлов является одной из основных в технике. Одним из путей ее решения является развитие методов и средств диагностирования состояния узлов трения, относящихся к одному из важнейших разделов трибологии – трибомониторингу.

Пропускная способность и безаварийность работы железнодорожного транспорта в значительной мере определяются надежностью работы рельсового пути, искусственных сооружений и составных частей подвижного состава. При разработке систем диагностирования технического состояния подвижного состава необходимо учитывать не только особенности конструкций локомоти-