

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕПЛООВОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

*Поляков П.А., Полякова Е.А., Голиков А.А., Тагиев Р.С. Задаянчук Н.А.**

Кубанский государственный технологический университет;

**Кубанский государственный университет, г.Краснодар*

Ключевые слова: тормозной механизм, металлический фрикционный элемент, относительное тепловое равновесное состояние.

Аннотация. Приведен механизм наступления относительного теплового равновесного состояния металлического фрикционного элемента. Показано влияние влаги на триботехнические характеристики фрикционного узла. Предложено решение, посвященное удалению влаги с рабочих поверхностей пара трения фрикционного узла.

DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR ASSESSING THE THERMAL EQUILIBRIUM STATE OF FRICTION ASSEMBLIES OF BRAKE DEVICES

*Polyakov P.A., Polyakova E.A., Golikov A.A., Tagiev R.S., Zadayanchuk N.A.**

Kuban State Technological University;

**Kuban State University, Krasnodar*

Keywords: brake mechanism, metal friction element, relative thermal equilibrium state.

Abstract. The mechanism of the onset of the relative thermal equilibrium state of the metal friction element is given. The effect of moisture on the tribological characteristics of the friction unit is shown. A solution is proposed for the removal of moisture from the working surfaces of the friction pair friction unit.

Введение. Проанализируем работы, посвященных влиянию влажного воздуха на эксплуатационные характеристики фрикционных узлов.

Проведенное исследование [1] показывают, что с ростом относительной влажности воздуха во фрикционном контакте наблюдается увеличение износа поверхностей трения, вызванного снижением коэффициента трения. В то же время в исследовании [2] отмечалось, что с ростом парциального давления водяного пара в зазоре контактных площадок фрикционного узла снижается момент трения, что в свою очередь снижает износ поверхностей неметаллического фрикционного элемента.

На основании, проведенного анализа работ [1,2] следует, что относительная влажность воздуха в зазоре фрикционного узла увеличивает нагрузку и оказывает влияние на его эксплуатационные характеристики.

Влияние влаги на триботехнические характеристики фрикционных узлов тормозных механизмов необходимо рассматривать через перечень вопросов:

- возникновение электрических полей на каждом элементе трения (неметаллический и металлический фрикционные элементы) [3,4];
- влияние электрического поля элемента трения на износ [5];
- межконтактной газовой-воздушной среды во фрикционном узле [6];

- нанотрибологии на поверхностях фрикционного узла [7];
- относительное тепловое равновесное состояния во фрикционном узле [8-12].

Вышеперечисленные вопросы необходимо рассматривать с позиции влияния жидкости как проводника токов на поверхностях фрикционного узла.

В процессе торможения аккумулируемое тепло при циклическом и длительном режимах рассеивается полированными и матовыми поверхностями фрикционного узла. Основным негативным фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики тормозных механизмов является относительное тепловое равновесное состояние металлического фрикционного элемента.

Относительное тепловое равновесное состояние металлического фрикционного элемента отвечает термодинамическому равновесию для элементарной площадки, в котором внутренние параметры системы одинаковы. При этом металлический фрикционный элемент имеет сложную конфигурацию. В связи с этим утверждением процесс установления полного теплового равновесного состояния не может наступать для всех полированных и матовых поверхностей при вынужденном охлаждении. Но если разбить металлический фрикционный элемент на отдельные элементы, то для каждого может наступать относительное тепловое равновесное состояние. Температура является характеристикой термодинамического равновесия, а ее отклонение от условного теплового равновесного уровня определяют интенсивность теплообменных процессов [13-16] в зависимости от режимов охлаждения тормозного механизма.

Рассмотрим процесс нагревания для элементарной площадки металлического фрикционного элемента. В условно тепловом равновесном режиме к рабочим поверхностям фрикционного узла подводится энергия W_p , поступающая в систему извне. Это происходит в результате перехода механической работы сил трения в тепловую энергию ($W_H + \Delta W$) во фрикционных узлах тормозных механизмов. В дальнейшем тепловая энергия должна рассеиваться в окружающую среду от матовых поверхностей металлических фрикционных элементов и от поверхностей фрикционной накладки.

При превышении критических значений температуры происходит деструкция фрикционной накладки (фазовый переход) изменяется относительное тепловое равновесное состояние металлических фрикционных элементов. В относительном тепловом равновесном режиме происходит перераспределении энергии между поверхностями фрикционного узла (матовой и полированной) из-за фазового перехода (при появлении возмущающего фактора ΔB), т.е. баланс нарушается, ввиду затрат энергии на переход. В результате трибосистемы стремится обрести баланс и создать относительный тепловой равновесный режим, что в дальнейшем ведет к дальнейшей деструкции фрикционной накладки. На основании данного утверждения можно говорить о влиянии возмущающего фактора на постоянно воспроизводимое относительное тепловое равновесное состояние $\Delta W_H = f(\Delta B)$. При повторно-кратковременном режиме торможения возмущение получает циклический характер, и количество аккумулируемой тепловой энергии будет увеличиваться. А значит будет

возрастать деструктивные процессы в парах трения фрикционного узла. Математически это явление описывается, исходя из критерия устойчивости K , следующим образом:

$$\frac{d(W_p - \Delta W)}{dB} < 0. \quad (1)$$

В зависимости (1) представлена разница подводимой тепловой энергии и поглощаемой тепловой энергии в результате фазового перехода, она является избыточной энергией ΔW_{II} . Эта энергия является запасом для возникновения относительного теплового равновесного состояния. При появлении нового возмущающего фактора, а именно циклического подвода теплоты, энергия затрачивается на деструкцию связующих компонентов материалов фрикционных накладок и радиационный теплообмен полированных поверхностей металлического фрикционного элемента. Основная часть избыточной энергии затрачивается на конвективный теплообмен в окружающую среду. Но для конвективного теплообмена необходимо время после размыкания фрикционного контакта. Критерий устойчивости определяется из следующей зависимости:

$$K = \frac{d(\Delta W_{II})}{dB} < 0. \quad (2)$$

Относительный тепловой равновесный режим будет устойчив, в том случае, если производная от избыточной энергии по возмущающему фактору B , т.е. отсутствует теплообмен между поверхностями фрикционного узла и окружающей средой.

При изменении величины подводимой тепловой энергии или увеличения периода между контактированием рабочих поверхностей фрикционного узла ведет к потере устойчивости трибосистемы и нарушению условного теплового равновесного состояния.

Бороться данным явлением возможно с помощью аperiodичности циклического режима торможения, в пользу увеличения интервала взаимодействия рабочих поверхностей трения. Либо снижение избыточной энергии за счет увеличения доли рассеивания энергии в окружающую среду.

Помимо снижения избыточной энергии необходимо удалять продукты фазового перехода. Жидкость, которая образуется в результате нагревания и расплавления связующего элемента фрикционной накладки, попадает на поверхность металлического фрикционного элемента. В результате она выступает в роле теплоизолятора и оказывает негативный эффект для отвода теплоты от полированных поверхностей к матовым. Таким образом, увеличивается относительное тепловое равновесное состояние не только по площади рабочих поверхностей металлического фрикционного элемента, но и по его толщине. Препятствую прохождению теплового потока от полированных поверхностей к матовым теплоотводящим поверхностям.

Избыточная энергия ΔW_{II} и коэффициент устойчивости K должны определяться для рассматриваемой трибосистемы в целом, с учетом всех процессов: нагревания, теплообмена и деструкции связующих компонентов фрикционной накладки. Данные параметры являются критерием оценки относительного теплового равновесного состояния для различных режимов

охлаждения. Это позволяет связать триботехнические характеристики фрикционного узла с показателями различных систем охлаждения проектируемых для тормозных механизмов.

Для удаления влаги с поверхностей трения барабанно-колодочного тормоза транспортного средства разработано устройство, которое приведено в патенте на изобретение [17]. Это изобретение подходит для снижения избыточной тепловой энергии генерируемой в процессе торможения, а также предотвращения попадания металлического фрикционного элемента в зону теплового равновесного состояния.

Выводы. Выявлено влияние режимов нагружения на наступление относительно теплового равновесного состояния металлического фрикционного элемента. Предложено устройство для удаления влаги с рабочих пар трения барабанно-колодочных тормозных механизмов.

Список литературы

1. Вольченко Н.А., Поляков П.А. Влияние влаги на триботехнические параметры фрикционных узлов тормозных устройств и ее удаление с их поверхностей трения // Вестник Саратовского технического университета. 2012. Т.1, №1(63) С. 82-87.
2. Вольченко Н.А. Исследование конструкции системы охлаждения фрикционных узлов тормозных механизмов / Н.А. Вольченко, П.А. Поляков, Е.А. Полякова, Е.С. Федотов // Сборник по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» «Механика, оборудование, материалы и технологии». Краснодар, 2018. С. 147-160.
3. Патент №2502900 РФ. Способ определения направлений составляющих электрических токов в парах трения «полимер-металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях (варианты) / Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Бачук И.В., Горбей А.Н., Поляков П.А. – Опубл. 27.12.2013, Бюл. №36.
4. Патент №2462628 РФ. Способ определения направлений составляющих электрических токов в парах трения «полимер-металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях / Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Бачук И.В., Горбей А.Н., Поляков П.А. – Опубл. 27.09.2012, Бюл. 27.
5. Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Поляков П.А. Трибохимические процессы и явления в приповерхностных слоях пар трения тормозных устройств // Вісник СевНТУ. 2011. №121. С. 177-179.
6. Вольченко Н.А., Поляков П.А., Гороть Е.В. Математическое моделирование траекторий омывающего воздуха пары трения тормоза барабанно-колодочного тормоза транспортного средства // Вісник СевНТУ. 2012. №135. С. 233-236.
7. Вольченко Н.А., Поляков П.А. Нанотрибология при взаимодействии поверхностных слоев пар трения барабанно-колодочных тормозов // Вестник Саратовского технического университета. 2012. Т.1, №1(63). С. 41-47.
8. Поляков П.А. Аналитический метод определения средних температур рабочих поверхностей обода тормозного барабана // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2012. № 4 (159). С. 173-177.
9. Федотов Е.С., Вольченко Н.А., Поляков П.А., Тагиев Р.С. Моделирование температурного поля дискового тормоза // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет": «Механика, оборудование, материалы и технологии». – Краснодар, 2019. – С.758-763.

10. Петрик А.А. Ленточно-колодочные тормозные устройства. Монография / А.А. Петрик, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, В.Я. Малык, П.А. Поляков. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2009. – 276с.
11. Поляков П.А. Повышение эффективности тяжело нагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2013. 157с.
12. Поляков П.А. Разработка термомеханических моделей дисково-колодочных тормозов автомобилей / П.А. Поляков, Е.С. Федотов, Е.Ф. Складенко, А.А. Голиков // Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С. 262-268.
13. Поляков П.А., Полякова Е.А., Федотов Е.С., Тагиев Р.С., Голиков А.А., Москаленко М.Б. Классификация систем охлаждения фрикционных узлов и критерии оценки // Современные проблемы теории машин. 2019. № 8. С. 72-76.
14. Федотов Е.С. Исследование способов снижения нагрузки тормозных механизмов / Е.С. Федотов, Н.А. Вольченко, П.А. Поляков, М.Б. Москаленко // Сборник по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». Краснодар, 2019. С. 753-757.
15. Поляков П.А. Повышение тормозных свойств спортивных автомобилей / Поляков П.А., Полякова Е.А. // Сборник статей IX Международной научно-производственной конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса». 2016. С. 41-44.
16. Поляков П.А. Разработка модели вентиляционного аппарата дисково-колодочных тормозов автомобилей / П.А. Поляков, Н.А. Вольченко, Е.С. Федотов, Р.С. Тагиев, В.А. Денисенко // Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С. 252-261.
17. Патент №2460913 РФ. Барабанно-колодочный тормоз / Вольченко А.И., Павлиский В.М., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Сторож Я.Б., Поляков П.А. – Оpubл. 10.09.2012, Бюл. №25.

Сведения об авторах:

Поляков Павел Александрович – к.т.н., доцент кафедры автосервиса и материаловедения, КубГТУ, Краснодар;

Полякова Елена Александровна – ассистент кафедры «Прикладная математика», КубГТУ, Краснодар;

Голиков Алексей Александрович – ассистент кафедры систем управления и технологических комплексов, КубГТУ, Краснодар;

Тагиев Руслан Суфудинович – старший преподаватель кафедры автосервиса и материаловедения, КубГТУ, Краснодар;

Задаянчук Нина Александровна – преподаватель кафедры информационных образовательных технологий, КубГУ, Краснодар.