

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТОРМОЗА БАРАБАННО-КОЛОДОЧНОГО ТИПА

*Литвинов А.Е., Поляков П.А., Полякова Е.А., Тагиев Р.С., Голиков А.А.,
Задаянчук Н.А.* , Кузнецов К.Г.*

Кубанский государственный технологический университет;

**Кубанский государственный университет, г.Краснодар*

Ключевые слова: барабанно-колодочный тормоз, обод, боковая стенка, тепловая нагрузка.

Аннотация. В работе предложена жидкостная система охлаждения, вмонтированная в колодку барабанно-колодочного тормоза транспортного средства. Предложен метод расчета температуры наружной поверхности обода тормозного барабана. Приведены зависимость толщины обода на температуру наружной поверхности обода тормозного барабана.

REDUCING THE THERMAL LOAD OF THE DRUM-SHOE BRAKE

*Litvinov A.E., Polyakov P.A., Polyakova E.A., Tagiev R.S., Golikov A.A.,
Zadayanchuk N.A.* , Kuznetsov K.G.*

Kuban State Technological University;

**Kuban State University, Krasnodar*

Keywords: drum-shoe brake, rim, side wall, thermal loading.

Abstract. In the work, a liquid cooling system mounted in the block of a drum-shoe brake of a vehicle is proposed. A method for calculating the temperature of the outer surface of the rim of the brake drum is proposed. The dependence of the thickness of the rim on the temperature of the outer surface of the rim of the brake drum is given.

Проектирование тормозных механизмов учитываются следующие факторы: деформации обода металлического фрикционного элемента при торможении [1, 2], удельные нагрузки в процессе торможения [3-6], стоимость конструкции. В работах, посвященных тепловой нагрузке металлического фрикционного механизма [7-11], указывается о ее влияние на конструктивные и эксплуатационные параметры тормозного механизма.

В этой статье приведен тепловой расчет на примере тормоза барабанно-колодочного типа. В начале торможения тормозная колодка, с приклепанной фрикционной накладкой, соприкасается с рабочей поверхностью обода. В результате работы сил трения на рабочей поверхности обода выделяется количество теплоты, разделяемое на кондуктивный нагрев боковой стенки и конвективный теплообмен с поверхностями тормозного барабана (рис. 1).

Уравнение теплового баланса тормозного барабана при торможении:

$$M_T \cdot d\varphi = \frac{2\pi \cdot B \cdot \lambda}{\ln\left(\frac{D_H}{D_B}\right)} \cdot (t_{нов} - t_{об}) \cdot d\tau + \alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_H \cdot (t_{об} - t_o) \cdot d\tau, \quad (1)$$

где M_T – развиваемый тормозной момент, Нм;

B – ширина беговой дорожки обода тормозного барабана, м;

- φ – угол поворота барабана, относительно начального состояния, град.;
- λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м К);
- D_B – внутренний диаметр обода тормозного барабана, м;
- D_H – внешний диаметр обода тормозного барабана, м;
- $t_{нов}$ – температура на внутренней поверхности обода, К;
- $t_{об}$ – температура наружной поверхности обода, К;
- α – коэффициент теплоотдачи от поверхностей обода, Вт/(м² К);
- t_o – температура омывающей среды, К;
- τ – время единичного торможения, с.

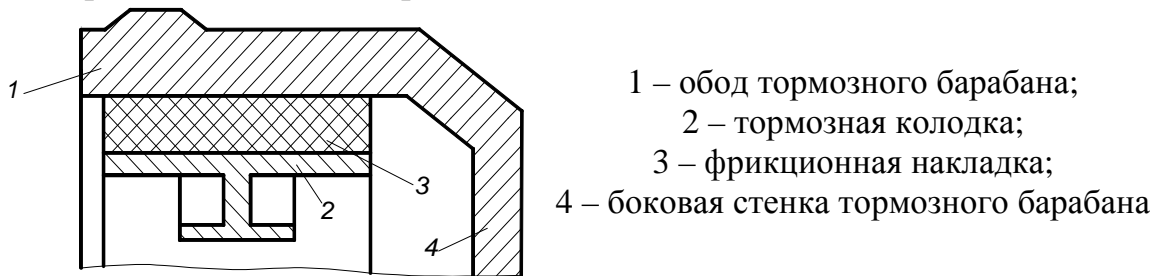


Рис. 1. Барабанно-колодочный тормоз в процессе торможения

После преобразования получим уравнение теплового баланса:

$$M_T \cdot \omega = \frac{2\pi \cdot B \cdot \lambda}{\ln\left(\frac{D_H}{D_B}\right)} \cdot (t_{нов} - t_{об}) + \alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_H \cdot (t_{об} - t_o), \quad (2)$$

где ω – угловая скорость торможения, с⁻¹.

Результатом является температура на наружной поверхности обода тормозного барабана:

$$t_{об} = \frac{t_{нов} - \frac{1}{2\lambda} \left(\frac{M_T \cdot \omega}{\pi \cdot B} - \alpha \cdot (D_B + \delta_{об}) \cdot t_o \right) \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta_{об}}{D_B}\right)}{\left(1 - \frac{\alpha \cdot (D_B + \delta_{об})}{2\lambda} \cdot \ln\left(1 + \frac{\delta_{об}}{D_B}\right)\right)}, \quad (3)$$

где $\delta_{об}$ – толщина обода, м.

Для проведения расчета необходимо задаться исходными параметрами: развиваемый тормозной момент 875 Нм; угловая скорость торможения 10,8 с⁻¹; диаметр барабана 420мм. Диапазон изменения толщины обода тормозного барабана 10...40мм.

Влияние зависимости температуры наружной поверхности обода на его толщину представлен на рис. 2. При увеличении толщины обода температура наружной поверхности обода будет снижаться, при постоянном подводимом тепловом потоке. С ростом толщины обода тормозного барабана возрастает и его масса. Для оценки увеличения маховых масс необходимо рассчитать момент инерции по параметрам тормозного барабана (рис. 3).

Момент инерции тела вращения равен:

$$I_{зв} = \sum_{i=1}^2 (I_{зв.i} + F_{зв.i} \cdot c_{зв.i}^2), \quad (4)$$

где I_{3vi} – момент инерции i -го прямоугольного сечения относительно центра тяжести, кг м²;

F_{3vi} – площадь i -го прямоугольного сечения, м²;

c_{3vi} – расстояние от центра тяжести i -го прямоугольного сечения до оси вращения, м.

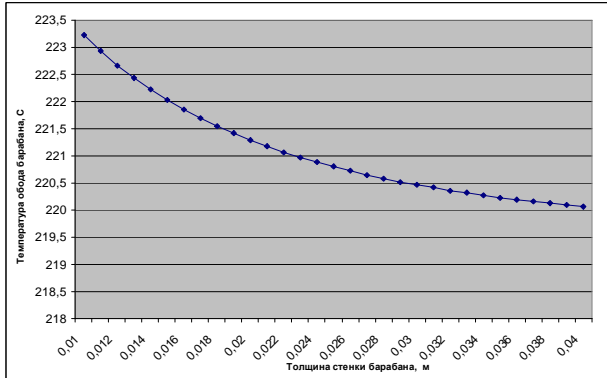
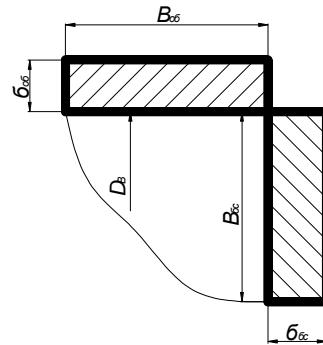


Рис. 2. Влияние толщины обода на его наружную температуру обода

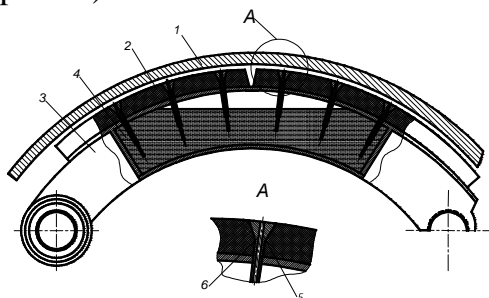


$B_{об}, \delta_{об}$ – ширина, толщина обода;
 $B_{б.с}, \delta_{б.с}$ – ширина, толщина боковой стенки; D_B – внутренний диаметр обода
 Рис. 3. Параметры тормозного барабана тормоза барабанно-колодочного типа

Для тормозного барабана момент инерции будет описываться зависимостью:

$$I_{3в} = \frac{B_{об} \delta_{об}^3}{12} + \frac{B_{об} \delta_{об} (D_B + \delta_{об})^2}{4} + \frac{B_{б.с}^3 \delta_{б.с}}{12} + \frac{B_{б.с} \delta_{б.с} (D_B - B_{б.с})^2}{4}. \quad (5)$$

Полученные зависимости свидетельствует о влиянии тепловой нагруженности на конструктивные параметры металлического фрикционного элемента с учетом его моментом инерции. На стадии проектирования фрикционного узла невозможно снизить массы вращательных деталей засчет геометрических параметров тормозного барабана, потому как существует вероятность наступления явления термостабилизации. Следовательно необходимо проектировать фрикционные узлы с разработанными системами охлаждения. Проанализировав литературные источники [11-18], разработать устройство для снижения тепловой нагруженности, защищенное патентом РФ [19] (рис. 4).



1 – тормозной барабан; 2 – накладка; 3 – тормозная колодка; 4 – камера, заполненная хладогеном; 5 – медная втулка; 6 – сопла
 Рис. 4. Устройство для снижения тепловой нагруженности



Рис. 5. Колодка, с встроенным устройством для снижения тепловой нагруженности

Выводы. Представлен способ и метод снижения тепловой нагруженности тормозного механизма барабанно-колодочного типа. Приведен метод определения температуры наружной поверхности обода тормозного барабана. Приведено влияние толщины обода на температуру обода. Определен момент инерции вращающегося металлического фрикционного элемента.

Список литературы

1. Вольченко Н.А. Оценка напряженно-деформированного состояния дисков в тормозных устройствах транспортных средств / Н.А. Вольченко, П.А. Поляков, В.С. Витвицкий // Сборник по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» «Механика, оборудование, материалы и технологии». Краснодар, 2018. С. 574-583.
2. Тагиев Р.С., Поляков П.А., Федотов Е.С., Дурапов А.Н. Исследование напряжений во фрикционном узле дисково-колодочном тормозе // Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. С. 747-752.
3. Поляков П.А. Метод проектирования современных тормозных механизмов с сервоусилением / П.А. Поляков, Е.С. Федотов, Е.А. Полякова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 7 (126). С. 39-50.
4. Патент №2529062 РФ. Способ определения геометрических параметров барабанов тормозных механизмов транспортных средств (варианты) / Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Поляков П.А. Малык В.Я. – Оpubл. 10.09.2014, Бюл. №27.
5. Поляков П.А. Разработка математической модели фрикционного узла дисково-колодочного тормоза автомобиля / П.А. Поляков, Р.С. Тагиев, В.А. Мищенко, А.А. Голиков // Сборник по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». Краснодар, 2019. С. 245-251.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
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. Федотов Е.С. Изучение процесса теплопередачи в паре трения дисково-колодочного тормоза / Е.С. Федотов, П.А. Поляков, Р.С. Тагиев, Н.Е. Сукач, Н.Е. Слесарев // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет": «Механика, оборудование, материалы и технологии». – Краснодар, 2019. – С.773-778.
11. Патент №2514385 РФ. Устройство и способ определения теплового режима металлополимерных пар трения барабанно-колодочного тормоза при их нагружении в стендовых условиях / Вольченко А.И., Киндрачук М.В., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Журавлев Д.Ю., Поляков П.А. – Оpubл. 27.04.2014, Бюл. №. 12.

12. Патент №2525347 РФ. Способ нагревания и охлаждения тормозных барабанов барабанно-колодочного тормоза транспортного средства для оценки их теплового баланса / Вольченко А.И., Павлиский В.М., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Поляков П.А. – Оpubл. 10.08.2014, Бюл. №22.
13. 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.
14. Вольченко Н.А., Поляков П.А. Математическое моделирование энергетического баланса автотранспортного средства при торможении и определении средних температур тормозного барабана и фрикционных накладок // Сборник «Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальных сферах». 2001. №1-1. С. 96-101.
15. 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. – Оpubл. 27.12.2013, Бюл. №36.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. Патент №2538503 РФ. Система и способ принудительного охлаждения пар трения барабанно-колодочного тормоза автотранспортного средства / Вольченко А.И., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Крыштопа С.И., Журавлев Д.Ю., Поляков П.А. – Оpubл. 10.01.2015, Бюл. №1.

Сведения об авторах:

Литвинов Артем Евгеньевич – д.т.н., доцент кафедры систем управления и технологических комплексов, КубГТУ, Краснодар;

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

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

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

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

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

Кузнецов Кирилл Григорьевич – студент КубГТУ, Краснодар.