

## КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

*Поляков П.А., Полякова Е.А., Федотов Е.С., Тагиев Р.С., Голиков А.А., Москаленко М.Б.*

*Кубанский государственный технологический университет, г.Краснодар*

**Ключевые слова:** тормозной механизм, фрикционный узел, система охлаждения.

**Аннотация.** В проводимых исследованиях выполнена классификация систем охлаждения тормозных механизмов. На основании введенных критериев оценки установлены пределы изменения значений показателей, определяющих конструктивное совершенство систем с естественных и принудительным воздушным охлаждением.

## CLASSIFICATION OF COOLING SYSTEMS FOR FRICTION NODES AND EVALUATION CRITERIA

*Polyakov P.A., Polyakova E.A., Fedotov E.S., Tagiev R.S., Golikov A.A., Moskalenko M.B.*

*Kuban State Technological University, Krasnodar*

**Keywords:** brake mechanism, friction unit, cooling system.

**Abstract.** In the ongoing studies, the classification of brake cooling systems was performed. On the basis of the introduced evaluation criteria, the limits of the change in the values of the indicators determining the design perfection of systems with natural and forced air cooling are established.

Тормозные механизмы находят широкое применение в автомобильной промышленности и спецтехники, выдерживающие большие нагрузки в сравнительно небольшой период времени [1,7,9]. Энергонагруженность тормозных механизмов приводилось в работах различных отечественных и зарубежных ученых [4-6]. При работе любых тормозных механизмов наиболее энергонагруженным является режим циклических торможений. При этом полученное тепло от контакта рабочих поверхностей фрикционного узла не успевает рассеиваться в окружающую среду до следующего контакта [2]. Разработанные методики проектирования позволяют повысить эффективность фрикционных узлов с помощью конструктивных параметров, что в свою очередь влияет на энергоемкость пар трения и естественно увеличивают энергонагруженность.

Создание эффективных тормозных механизмов дисково-колодочного и барабанно-колодочного типа неразрывно должно быть связано с разработкой эффективных систем охлаждения, для которых на данный момент нет единой методики проектирования [8]. В настоящих исследованиях рассматривается критерии оценки систем охлаждения дисково-колодочных и барабанно-колодочных тормозных механизмов. Разработанные критерии в дальнейшем возможно использовать в методики проектирования новых конструкций фрикционных узлов, а также для оценки эффективности усовершенствованных систем охлаждения тормозных механизмов.

Для оценки теплоотдающих способностей поверхностей фрикционного узла используется критерий поверхностной плотности теплового потока:

$$q_S = \frac{Q}{S_y}, \quad (1)$$

где  $Q$  – допустимая мощность тепловыделения фрикционного узла, Вт;

$S_y$  – площадь поверхности охлаждения фрикционного узла, м<sup>2</sup>.

Допустимая мощность тепловыделения определяется по формуле:

$$Q = k_T \cdot S_y \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $k_T$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>К;  $\tau$  – время контакта рабочих поверхностей, с.

Преобразовав формулы (1) и (2) получим зависимость плотности теплового потока:

$$q_S = k_T \cdot \tau. \quad (3)$$

При естественном воздушном охлаждении коэффициент теплоотдачи в среднем может составлять  $k_T = 2,5 \dots 10$  Вт/м<sup>2</sup>К [3]. При повышении температуры на поверхности металлического фрикционного элемента в пределах  $t = 40 \dots 120^\circ\text{C}$  допустимая плотность теплового потока при естественном воздушном охлаждении может достичь 1500 Вт/м<sup>2</sup>. Согласно исследованиям при принудительном воздушном охлаждении для скорости воздуха в пределах 10..36 м/с коэффициент теплоотдачи может достигать  $k_T = 250 \dots 1250$  Вт/м<sup>2</sup>К, это на порядок выше, чем при естественном охлаждении.

Для характеристики теплонапряженности фрикционного узла вводится показатель удельной тепловой нагрузки:

$$q_V = \frac{Q_K}{V_M}, \quad (4)$$

где  $Q_K$  – мощность, рассеиваемая в окружающую среду конвекцией, Вт;

$V_M$  – объем металлического фрикционного элемента, м<sup>3</sup>.

Среди фрикционных узлов можно выделить два типа специальных систем охлаждения фрикционных узлов. К первой группе относится выполнения ребер на нерабочих поверхностях тормозного барабана и его фланцах (рис. 1). Для дисково-колодочных тормозов выполнение между рабочими поверхностями тормозного диска находится вентиляционный аппарат (рис. 2).

Необходимо также классифицировать системы принудительного охлаждения. В настоящее время в области исследования тормозных механизмов существует два типа. Первым типом является нагнетание воздушных масс с помощью компрессора и подачи воздуха под давлением непосредственно к рабочим парам трения фрикционного узла. Это позволяет не только увеличивать теплоотводящую способность полированных поверхностей металлического фрикционного элемента, но и позволяют удалять продукты износа с рабочих поверхностей фрикционного узла. Вторым типом является жидкостное охлаждение пар трения фрикционного узла. В работе [10] представлена система охлаждения тормоза барабанно-колодочного типа (рис. 4).

Ко второй группе систем охлаждения относится использование дефлекторов для увеличения естественного обдува рабочих пар трения (рис. 3).



Рис. 1. Оребренный тормозной барабан



Рис. 2. Вентилируемые тормозные диски с различной геометрией вентиляционных каналов

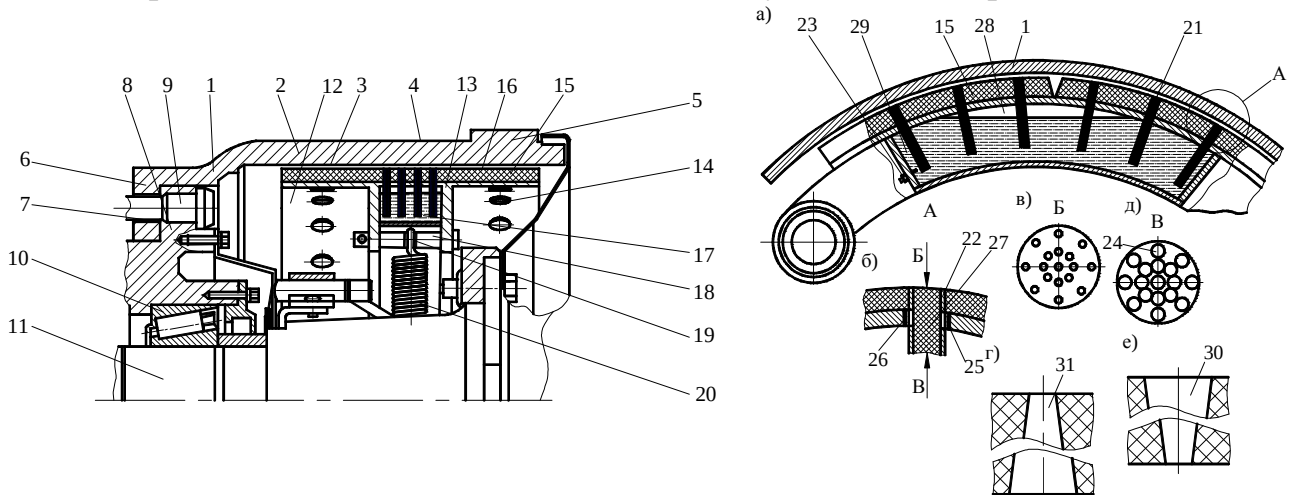


Рис. 3. Дефлектор для обдува тормозного диска

Система охлаждения тормоза барабанно-колодочного типа содержит узлы охлаждения, состоящие из медной трубки, внутри которой расположена пластмассовая втулка со сквозными продольными сопловыми отверстиями. Снаружи медная трубка имеет пластмассовый выступ с резьбой. Охлаждающие узлы закручиваются выступом с резьбой в отверстия с резьбой, выполненные в основании тормозной колодки. После чего на верхнюю часть медных трубок через отверстия надеваются фрикционные накладки. Нижняя часть охлаждающих узлов находится в камере, образованной стенками, боковыми сторонами которой являются ребра жесткости тормозных колодок. Камера заполняется теплоносителем, через обратный клапан.

Узлы охлаждения в пластмассовых втулках имеют различное продольное сечение сквозных сопловых отверстий, исходя из их положения на поверхности тормозной колодки. При этом одна система работает в режиме диффузора, а вторая система отверстий работает в режиме конфузора. Ряды охлаждающих узлов, работающие на эффекте конфузора, расположены по длине тормозной колодки со стороны сопряжения обода барабана с фланцем и его свободного края, на котором расположено подкрепляющее кольцо. Остальные ряды охлаждающих узлов работают на эффекте диффузора. При этом охлаждающие

узлы рядов являются взаимозаменяемыми, поскольку в зонах их установки по длине тормозной колодки они имеют одинаковую площадь продольного сечения.



1, 2, 3, 4 – тормозной барабан и его обод с внутренней и наружной поверхностью; 5, 6, 7 – подкрепляющее кольцо и фланец с отверстиями; 8 – фланец ступицы; 9 – болт; 10 – роликовый подшипник; 11 – полуось заднего моста; 12, 13, 26 и 17 – тормозные колодки с основаниями и резьбовыми отверстиями и ребрами; 14 – заклепки; 15, 16 – фрикционные накладки с рабочими поверхностями; 18, 19 – пальцы с проточками; 20 – цилиндрические пружины; 21 – узлы охлаждения; 22, 25, 27 – медная трубка, ее выступ с резьбой и пластмассовая втулка; 23 – обратный клапан; 24 – сопловые отверстия; 26 – отверстия с резьбой в основании колодки; 27 – отверстия в накладках; 28, 29 – камеры колодки с теплоносителем; 30, 31 – отверстия: конфузур, диффузоры

Рис. 4. Тормозной механизм барабанно-колодочного типа с системой принудительного охлаждения пар трения

При взаимодействии пар трения тормоза барабанно-колодочного типа медные трубки нагреваются и передают теплоту кондуктивным теплообменом теплоносителю, т.к., благодаря теплоизоляционному выступу с резьбой, они теплоизолированы от основания тормозной колодки. Далее теплота от теплоносителя передается телу тормозной колодки, заставляя ее поверхности принимать активное участие в процессах теплообмена.

За счет градиента давления между теплоносителем, находящимся в системе отверстий втулок, и межконтактным зазором пары трения теплоноситель попадает на рабочую поверхность фрикционных накладок, где, испаряясь, охлаждает рабочую поверхность тормозного барабана. Наличие эффекта конфузур в системе отверстий во втулках обеспечивает подачу потоков воздуха, циркулирующих между парами трения, в камеру. В результате этого происходит диспергирование теплоносителя и его подъем по системе отверстий, работающих в режиме диффузора. Кроме того, отсасывание потоков воздуха и газов из межконтактного зазора пар трения тормоза за счет эффекта конфузур не только удаляет продукты изнашивания и эффективно охлаждает рабочую поверхность обода барабана.

Охлаждающие узлы, установленные в основаниях тормозных колодок, нижняя часть которых погружена в теплоноситель камер, работают на эффектах диффузора и конфузур. При этом продольные сечения сквозных сопловых отверстий в охлаждающих узлах, расположенных в средней части тормозной колодки, являются максимальными по величине, на пяточной части колодки (со стороны ее крепления) – минимальной величины, а на носочной части колодки (со стороны разжимного кулака) имеют среднюю величину (45°).

### Список литературы

1. Поляков П.А., Федотов Е.С., Полякова Е.А. Метод проектирования современных тормозных механизмов с сервоусилением // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. №7(126). С. 39-50.
2. Петрик А.А., Вольченко Н.А., Вольченко Д.А., Малык В.Я., Поляков П.А. Ленточно-колодочные тормозные устройства. – Краснодар, 2009. – 276с.
3. Вольченко Н.А., Поляков П.А., Полякова Е.А., Федотов Е.С. Исследование конструкции системы охлаждения фрикционных узлов тормозных механизмов // Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии», посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "Кубанский государственный технологический университет". 2018. С. 147-160.
4. Вольченко Н.А., Поляков П.А. Влияние влаги на триботехнические параметры фрикционных узлов тормозных устройств и ее удаление с их поверхностей трения // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. Т. 1. №1(63). С.82-87.
5. Федотов Е.С., Вольченко Н.А., Поляков П.А., Москаленко М.Б. Исследование способов снижения нагрузки тормозных механизмов // Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С. 753-757.
6. Федотов Е.С., Вольченко Н.А., Поляков П.А., Тагиев Р.С. Моделирование температурного поля дискового тормоза // Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С. 758-763.
7. Поляков П.А., Тагиев Р.С., Мищенко В.А., Голиков А.А. Разработка математической модели фрикционного узла дисково-колодочного тормоза автомобиля // Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С. 245-251.
8. Поляков П.А., Вольченко Н.А., Федотов Е.С., Тагиев Р.С., Денисенко В.А. Разработка модели вентиляционного аппарата дисково-колодочных тормозов автомобилей // Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019. С.252-261.
9. Поляков П.А., Федотов Е.С., Складенко Е.Ф., Голиков А.А. Разработка термомеханических моделей дисково-колодочных тормозов автомобилей // Электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии». 2019 С. 262-268.
10. Поляков П.А. Повышение эффективности тяжело нагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / Донской государственный технический университет. Краснодар, 2013.

### Сведения об авторах:

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

*Полякова Елена Александровна* – магистр, КубГТУ, г.Краснодар;

*Федотов Евгений Сергеевич* – старший преподаватель кафедры автосервиса и материаловедения, КубГТУ, г.Краснодар;

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

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

*Москаленко Максим Борисович* – студент, КубГТУ, г.Краснодар.