

## УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГОНАГРУЖЕННОСТЬЮ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНОГО ТОРМОЗА

*Литвинов А.Е., Поляков П.А., Полякова Е.А.*

*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар*

**Ключевые слова:** барабанно-колодочный тормоз, многоструйная воздушная эжекторная система.

**Аннотация.** В работе предложена воздушная многоструйная система охлаждения, смонтированная в колодку барабанно-колодочного тормоза транспортного средства. Предложен метод управления энергонагруженностью фрикционного узла барабанно-колодочного типа, с помощью его охлаждения эжекторной системой. Проанализирована нагрузка и тепловые потоки во фрикционном узле усовершенствованного тормозного устройства барабанно-колодочного типа.

## DRUM BRAKE ENERGY MANAGEMENT

*Litvinov A.E., Polyakov P.A., Polyakova E.A.*

*Kuban State Technological University, Krasnodar*

**Keywords:** drum-shoe brake, multi-jet air ejector system.

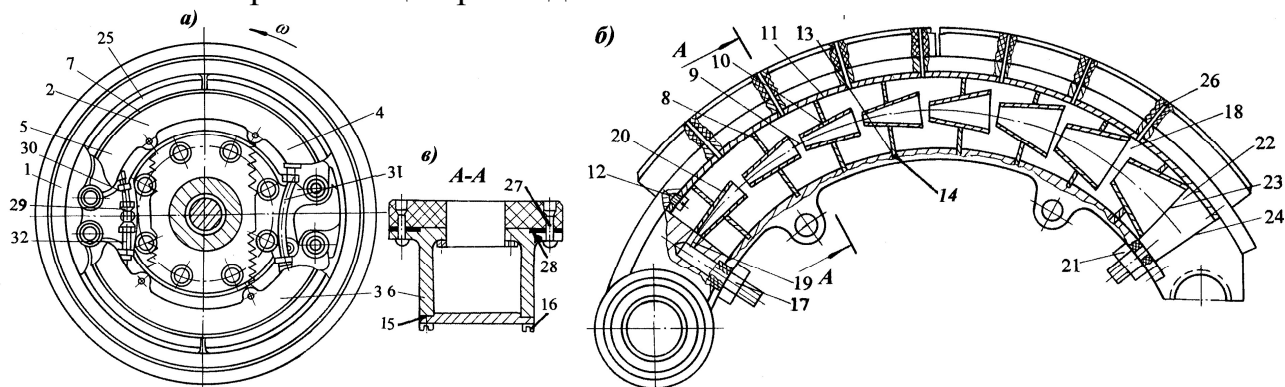
**Abstract.** The paper proposes an air multi-jet cooling system, mounted in the block drum-shoe brake of a vehicle. A method for controlling the energy load of a friction unit of a drum-shoe type using its cooling by the ejector system is proposed. The load and heat fluxes in the friction unit of the advanced drum-shoe type brake device are analyzed.

**Введение.** В качестве обзора проблемы снижения тепловой нагруженности фрикционных узлов был представлен анализ статей и патентов по данной тематике. В работах [1-5] представлены устройства по снижению тепловой нагруженности на этапах проектирования или эксплуатации. В статье [6, 7] представлена классификация систем для улучшения эксплуатационных характеристик различных фрикционных узлов. В статье [8] представлена система воздушного охлаждения дискового тормоза. В монографии [9] представлен способ воздушного охлаждения ленточно-колодочного тормоза. В большинстве этих работ применялось водяное охлаждение, либо просто подача встречного воздуха в полость фрикционного механизма. Но согласно статье [10] влияние воды на парах трения негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках тормоза. На основании вышеизложенного можно предложить конструкцию устройства многоструйного эжектора, смонтированного в тормозную колодку.

На рис. 1а показан барабанно-колодочный тормоз; на рис. 1б переоборудованная тормозная колодка, продольный разрез, а на рис. 1в ее поперечный разрез.

Барабанно-колодочный тормоз содержит тормозной барабан 1, самоприжимную 2 и самоотжимную 3 колодки. Колодки 2 и 3 имеют носочную 4 и пяточную 5 части, а также ребра 6, между которыми по их длине под основаниями 7 в радиальных перегородках 8 установлены с зазором 9 между

собой сопла 10 с диаметрами, увеличивающимися от носочной 4 к пяточной 5 части колодок 2 и 3. Перегородки 8 со стороны основания 7 колодок 2 и 3 крепятся к выпуклой пластине 11, расположенной между ребрами 6, которая, в свою очередь, прикреплена к основанию 7, например, с помощью винтов 12. Со стороны торцов ребер 6 перегородки 8 устанавливаются в поперечные пазы 13 выпуклой крышки 14, которая через прокладку 15 крепится к торцам ребер 6 с помощью винтов 16, а со стороны носочной части 4 колодок 2 и 3 штуцером 17. Перегородки 8, выпуклая пластина 11 и крышка 14 образуют камеры 18. Штуцер 17 через отверстия 19 соединен с входным соплом 20. Штуцер 21 установлен непосредственно в выпуклой крышке 14 в пяточной части 5 колодки 2 и подключен к объему камеры 22, образованного торцом выходного сопла 23 и стенкой 24 тела колодки 2. В выпуклой пластине 11, в основании 7 и во фрикционных накладках 25 выполнены сквозные поперечные отверстия 26, соединенные с зазором 9 между соплами 10. Крепятся накладки 25 к основанию 7 колодок 2 и 3 с помощью заклепок 27, а герметичность между ними обеспечивается при помощи прокладки 28.



1 – тормозной барабан; 2, 3, 4, 5, 6 и 7 – самоприжимная и самоотжимная тормозные колодки с носочной и пяточной частями, с их ребрами и основаниями; 8 – радиальные перегородки; 11, 13 и 14 – выпуклые пластины с поперечными пазами; 12, 16 – крепежные винты; 15, 28 – прокладки; 17, 21 – входной и выходной штуцер; 18, 22 – камеры; 19 – отверстия в теле колодки; 20, 23 – входное и выходное сопло; 24 – стенка колодки; 25 – фрикционные накладки; 26 – сквозные поперечные отверстия; 27 – заклепки; 29 – тройник; 30, 31 и 32 – трубопроводы

Рис. 1. Барабанный тормоз с воздушной системой охлаждения: общий вид тормоза (а); продольный разрез колодки (б); поперечный разрез колодки (в)

В качестве рабочего тела используется сжатый воздух, который подается по трубопроводам и через тройник 29 и трубопровод 30 к штуцеру 17 от источника, т. е. компрессора, из одного из баллонов пневматической системы тормоза. Штуцер 21 через трубопровод 31 подключается к штуцеру самоотжимной колодки 3, в которой расположены сопла с диаметром, увеличивающимся от пяточной к носочной ее части. Штуцер носочной части колодки 3 подключен через трубопровод 32 к тройнику 29.

Сжатый воздух по трубопроводу 30 через штуцер 17 и отверстия 19 в самоприжимной тормозной колодке 2 попадает во входное сопло 20, в котором скорость его увеличивается. Входное сопло 20 имеет наименьший диаметр и согласно закону Бернулли воздух, находящийся в зазоре между парами трения

через сквозные поперечные отверстия 26, засасывается через зазор 9 между соплами в последующее сопло. Ускоренная воздушная струя проходит далее сквозь второе сопло, третье и так далее, повторяя процессы отсасывания воздуха из зазора между парами трения, способствуя тем самым их охлаждению и удалению продуктов износа из зоны трения. Кроме того, применение охлаждающего устройства позволяет влиять на продольную циркуляцию воздуха в зазоре между парами трения, т. е. изменять направление и скорость движения потока воздуха, что интенсифицирует воздухообмен, и как следствие, снижает теплонагруженность пар трения. После прохождения струи сжатого воздуха выходного сопла 23 и камеры 22 она через штуцер 21 по трубопроводу 31 попадает к охлаждающему устройству самоотжимной колодки 3, повторяя в нем процессы в такой же последовательности, что и в самоприжимной колодке 2.

При торможении, когда взаимодействуют рабочие поверхности обода барабана 1 и накладок 24, охлаждающие устройства колодок 2 и 3 создают разряжения между ними, что предотвращает создание окисных пленок на их поверхностях и способствует улучшению фрикционных характеристик пар трения.

При работе охлаждающих устройств расход сжатого воздуха остается постоянным и поэтому его небольшое количество может циркулировать в них многократно.

При оценке энергонагруженности тормозного механизма [1] с системой охлаждения многоструйным эжектором возникают две зоны пониженной температуры на рабочей поверхности (в левой части колодки, зона I –  $753,8^{\circ}\text{C}$  и в правой части колодки, зона II –  $772,1^{\circ}\text{C}$ ). Эти зоны по значению температур отличаются.

Вышеуказанные зоны возникают в связи с интенсивным конвективным и радиационным теплообменом внутренних поверхностей барабана за счет эффекта «многоструйного эжектора». В тормозном щите сделаны отверстия для шлангов через которые подается омывающий воздух в многоструйный эжектор. Воздушный поток вследствие протекания по системе каналов эжектора за счет процессов «расширения – сжатия» охлаждается и снижает энергонагруженность внутренних поверхностей барабана. Затем он выводится в окружающую среду посредством отверстий, находящимся в щите. За счет данного эффекта достигается уменьшение температур внутренних поверхностей диска на  $38,0...49,1^{\circ}\text{C}$ , но при этом увеличивается градиент температуры по толщине барабана, что способствует возникновению микротрещин на рабочей поверхности барабана.

Из эпюр распределения нагрузки и тепловых потоков в барабане [11, 12] видим, что их интенсивность в кольцевой зоне около фланца, заборных и отводных отверстий значительно выше, чем в остальных частях тормозного барабана. Это положительно влияет на термонагруженное состояние фрикционных пар, так как теплоотвод от зоны взаимодействия происходит интенсивней.

При исследовании тормозного барабана, охлаждаемого многоструйным эжектором (рис. 1 а, б, в), установлено следующее:

– при объемной температуре, способствующей расширению барабана в радиальном направлении, при изгибе его полуокружности в левую сторону из-за наличия фланца, который якобы защемляет обод тормозного барабана, в месте сопряжения фланца с цилиндрической частью барабана возникает кольцевая зона повышенных напряжений (зона I – 83,5 МПа);

– в местах интенсивного конвективного и радиационного теплообмена на рабочих поверхностях барабана возникают зоны концентрации напряжений (зона II – 100,4 МПа и зона III – 126,8 МПа);

**Выводы.** Таким образом, представлен усовершенствованный тормозной механизм барабанно-колодочного типа с вмонтированной в тело колодки воздушной многоструйной эжекторной системой охлаждения, который позволит управлять объемной температурой. В целом, барабанно-колодочный тормоз с системой охлаждения может найти применение не только в грузовых транспортных средствах [13], но и в модульных барабанно-колодочных тормозах шахтных подъемных машин.

### Список литературы

1. Патент №2525347 РФ. Способ нагрева 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Поляков П.А. Повышение тормозных свойств спортивных автомобилей / П.А. Поляков, Е.А. Полякова // Сборник статей IX Международной научно-производственной конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса». 2016. С. 41-44.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. Вольченко Н.А. Влияние влаги на триботехнические параметры фрикционных узлов тормозных устройств и ее удаление с их поверхностей трения / Н.А. Вольченко, П.А. Поляков // Вестник Саратовского технического университета. 2012. Т.1. №1(63). С.82-87.
11. 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.
12. 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.
13. Поляков П.А. Повышение эффективности тяжело нагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2013. 157с.

Сведения об авторах:

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

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

*Полякова Елена Александровна* – ассистент кафедры «Прикладная математика», КубГТУ, г.Краснодар.