

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕМПЕРАТУРУ НАГРЕВА В СИСТЕМЕ ДИСКОВОГО ТОРМОЖЕНИЯ

ASSESSMENT OF THE FACTORS INFLUENCING THE HEATING TEMPERATURE OF THE DISK BRAKE SYSTEM

D. Mironov

Annotation

The article analyzes the main factors influencing the temperature in the heating system of the disk brake. It is shown that the main factors include: conducting train mode (braking process); forces and stresses occurring between the pads and the disk; interacting properties of materials; ambient temperature. Built according to temperature changes in the disk nodes located on the surface of the braking of the train braking time. It is shown that the temperature of the disk radials evenly distributed.

Keywords: heating temperature, disk brake system, factors.

Миронов Дмитрий Олегович

Аспирант, ФГБОУ ВО "Московский
государственный университет путей
сообщения Императора Николая II"

Аннотация

В статье проанализированы основные факторы, влияющие на температуру нагрева в системе дискового торможения. Показано, что к основным факторам, относятся: режим ведения поезда (процессы торможения); силы и напряжения, возникающие между накладками и диском; свойства взаимодействующих материалов; температуру окружающей среды. Построены зависимости изменения температур в узлах диска, расположенных на поверхности торможения от времени торможения поезда. При этом показано, что температура по радиусу диска распределена неравномерно.

Ключевые слова:

Температура нагрева, система дискового торможения, факторы.

Тормозные системы подвижного состава железных дорог являются одной из составляющих в обеспечении необходимого уровня безопасности движения, а дисковые тормозные системы позволяют обеспечить надёжность и безопасность при внедрении и развитии высокоскоростного движения.

Проведённый обзор работ в области тормозных систем подвижного транспорта железных дорог показал, что основным подходом при исследовании нагруженности деталей тормозных систем является рассмотрение нестационарных тепловых полей и напряжений с использованием расчётных схем, не позволяющих учесть геометрические размеры деталей, распределения давлений, тепловых потоков и теплообмена в полном объёме. Существующие методы расчета базируются на использовании конечно-элементных расчётных схем, методах конечных разностей и, которые позволяют произвести расчеты практически с учетом всех действующих факторов в процессе торможения. Следует отметить, что существует небольшое количество работ, посвящённых расчёту тормозных систем с использованием численных методов.

Для моделирования температурных полей и напряжений в дисковых тормозах подвижного состава следует

учитывать внутренние процессы фрикционных пар, такие как: теплопроводность и упругое поведение взаимодействующих материалов. Решение контактных задач необходимо начинать с построения структурной схемы создаваемых алгоритмов и программ.

Исходя из опыта эксплуатации дисковых тормозов подвижного состава, определено, что по температурным нагрузкам и износу, при различных режимах торможения, в самых жестких условиях находятся детали пары трения, т.е. материалы диска и тормозных накладок, поэтому следует более детально рассмотреть вопросы распределения температурных полей (градиентов температур, тепловых потоков, температурных напряжений), возникающих в процессе торможения.

Рассмотрим факторы, влияющие на температуру нагрева в системе дискового торможения. Так, к основным факторам, влияющим на кинетику тепловых процессов в системе дискового торможения следует отнести: режим ведения поезда (процессы торможения); силы и напряжения, возникающие между накладками и диском; свойства взаимодействующих материалов; температуру окружающей среды.

Процесс торможения железнодорожного подвижного состава характеризуется высокой тепловой нагрузкой фрикционных элементов, поэтому для обеспечения высокой эффективности работы дискового тормоза необходимы данные о тепловой нагрузке деталей пары трения. Эти данные учитываются для выбора материалов и конструктивных решений при проектировании деталей пары трения, для определения необходимого количества тормозных устройств, устанавливаемых на оси колесной пары, а также для обеспечения параметрической связи между силовыми характеристиками тормозного блока и тепловыми характеристиками деталей фрикционной пары.

Остановочные торможения осуществляются, как правило, при постоянной силе нажатия, однако коэффициент трения фрикционных материалов, применяющихся в современных тормозах, нелинейно изменяется в зависимости от скорости. Режим экстренного торможения с максимальной скорости движения до полной остановки можно считать одним из самых неблагоприятных в системе дискового торможения. Также тяжёлым для системы дискового торможения может оказаться режим чередования разгона и служебного торможения до остановки, который в случае пассажирских перевозок может реализовываться между достаточно близко расположенными станциями.

Каждый интервал характеризует либо разгон, либо торможение, либо движение с постоянной скоростью. Разгон и движение с постоянной скоростью соответствуют теплообмену деталей тормоза с обдувающим воздухом, а при торможении – теплообмен сопровождается, к тому же, притоком теплоты. Рассматривать такой процесс необходимо как непрерывный, но с разными граничными условиями, зависящими от графика движения поездов и ограничений скорости. По причине отсутствия данных об изменении силы нажатия с течением времени торможения, но, располагая данными о величине средней силы нажатия на колодку, равной 3,6 кН, последняя, принималась постоянной на всех участках движения поездов во время торможения. К тому же отличие значений ускорений при торможении с разных скоростей при одинаковой силе нажатия на колодки допускает одновременное действие тормозных устройств различных типов.

Интенсивность теплового потока, выделяемого на поверхностях торможения, определяется распределением давлений между накладками и диском, и скоростью движения вагона. В работе [1] исследовано влияние конструкции тормозных накладок на фрикционные характеристики дискового тормоза железнодорожного вагона.

Выполненные в работе [2] расчеты показали, что законы распределения давлений, определяемые конструк-

цией тормозного башмака, оказывают существенное влияние на теплонапряженность диска.

Одним из факторов, влияющих на кинетику тепловых процессов в системе дискового торможения, являются материалы, взаимодействующих элементов. Применение материалов с повышенными механическими свойствами и снижение возникающих напряжений за счёт применения материалов с высоким коэффициентом температуропроводности и низкими коэффициентом линейного расширения и модулем упругости, а также конструкций, увеличивающих коэффициент внешней теплопроводности, позволяют добиться снижения максимальной температуры нагрева диска в процессе экстренного торможения.

Применение материалов с комбинацией прочностных, теплофизических и технологических свойств, направленных на понижение максимальных температур и напряжений, будет только улучшать работоспособность такой конструкции.

В работах [3, 4] рассматривалась возможность применения алюминия как материала для тормозного диска в связи с его большим (в 7 раз) коэффициентом температуропроводности по сравнению с чугуном. Максимальные температуры на поверхности торможения для диска из алюминия получились всего на 10% меньше, чем для диска из чугуна [4]. К тому же из-за значительно более высокой стоимости алюминия и более сложной технологии получения отливок (литья под давлением), несмотря на возможности достижения высокого уровня износостойкости алюминиевых дисков и снижение неподрессоренной массы при их применении, преимущества дисков из алюминия не так очевидны, что требует более детального теоретического и экспериментального изучения. Рациональность использования чугуна в качестве материала для диска также неочевидна, поскольку разнообразие чугунов по теплофизическим, механическим, технологическим свойствам требует выбора типа чугуна с определённым балансом свойств, обеспечивающих венцу работу в поле допускаемых для материала температур и напряжений.

За счет рациональной конструкции и правильно подобранных материалов тормозного диска и накладок удаётся предотвратить образование обусловленных термической нагрузкой дефектов на тормозном диске. Достигаемое при этом равномерное распределение температуры по тормозному диску значительно снижает опасность образования трещин и повышает тормозную мощность диска почти на 50 % при неизменном сроке службы.

Как известно [5], свойства материала во многом зависят от его структуры. При разработке накладок, был сделан переход на более мягкую систему связующего

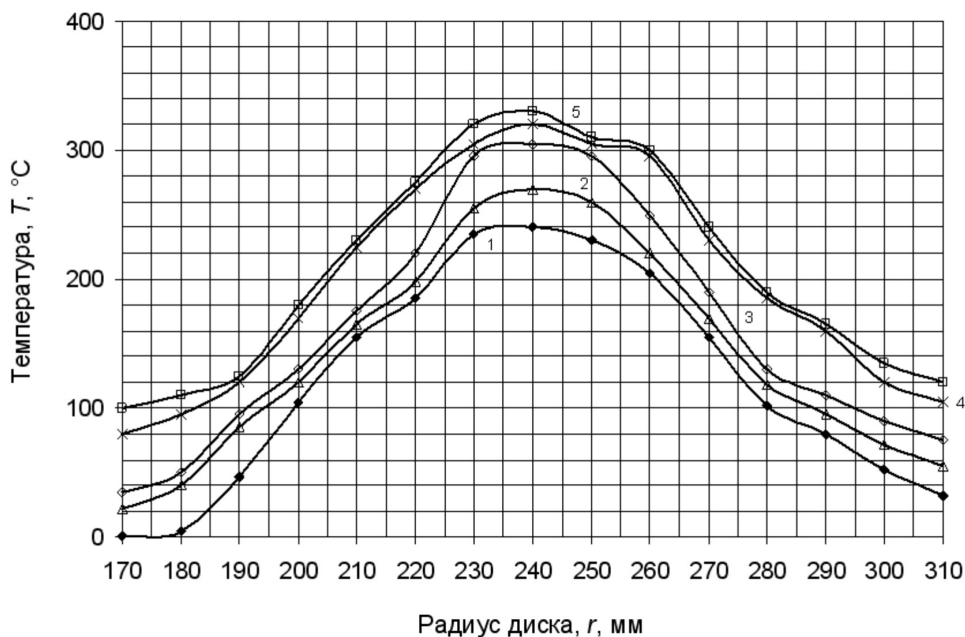


Рисунок 1. График изменения температур в узлах диска, расположенных на поверхности торможения в зависимости от времени торможения: 1 - 10 с; 2 - 30 с; 3 - 50 с; 4 - 70 с; 5 - 90 с.

материала [6] и, тем самым, улучшили теплоотвод от накладки за счет более плотного прилегания ее к диску. Итак, можно выделить следующие материалы, применяемые при изготовлении дискового тормоза (тормозного диска и накладок): различные марки стали, чугун (серый или с шаровидным графитом), керамика, металлокерамика, порошковые материалы, алюминий, углеродные материалы и полимеры, армированный карбидом кремний и т.д. [7–10].

Тормозные диски из специальных алюминиевых сплавов уменьшают неподрессоренную массу и снижают нагрузку на верхнее строение пути. Снижение массы способствует снижению расхода энергии, что особо ощутимо при частых разгонах и торможениях, характерных для пригородных поездов. За счет только этой экономии было достигнуто значительное сокращение эксплуатационных затрат [9]. Создаваемое удельное давление между накладками тормозных башмаков и диском составляет 0,357...0,536 МПа.

Материал диска работает при температурах, достигающих 400°C, а при контактировании по отдельным пятнам – температуры достигают более высоких значений. В этом диапазоне температур существенно меняются не-

которые физико-механические характеристики материалов.

В работе было проведено моделирование работы дискового тормоза. В результате, ниже на **рисунке 1**, представлен график изменения температур в узлах диска, расположенных на поверхности торможения в зависимости от времени торможения.

Температуры по радиусу диска распределены неравномерно. Наибольшая температура возникает в точке, расположенной на радиусе 240 мм. Температура быстро нарастает в течение первых 10 с торможения, достигает максимума на 50-й с, а к концу торможения несколько снижается.

В представленной работе были проанализированы основные факторы, влияющие на температуру нагрева в системе дискового торможения. Показано, что к основным факторам, влияющим на кинетику тепловых процессов в системе дискового торможения относятся: режим ведения поезда (процессы торможения); силы и напряжения, возникающие между накладками и диском; свойства взаимодействующих материалов; температура окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеенко, М. А. Решение задачи термоупругости с использованием переходных конечных элементов высокой точности / М.А. Моисеенко, Г.А.

- Неклюдова // Материалы XII Международного симпозиума "Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред". Избранные доклады. – М.: Изд-во МАИ, 2006. – С. 121–124.
2. Мур, Д. Основы и применения трибоники / Д. Мур; перевод с английского канд. физ.-мат. наук С.А. Харламова под редакцией д-ра техн. наук, проф. И.В. Крагельского и канд. техн. наук Г.И. Трояновский. – М.: Мир, 1978. – 487 с.
3. Мошков, А.А. Разработка дискового тормоза для отечественного скоростного железнодорожного транспорта / А.А. Мошков, Е.С. Сипягин // Транспорт Российской Федерации. – № 6(49) – 2013. – С. 62–65.
4. Вуколов Л.А. Сравнительные характеристики железнодорожных колодок различных поставщиков / Л.А. Вуколов, В.А. Жаров // Вестник ВНИИЖТ, №2, 2005. – С. 16–20.
5. Боуден, Ф.П. Трение и смазка твердых тел [Текст] / Ф.П. Боуден, Д. Трейбор; пер. с англ. под ред. д-ра техн. наук И.В. Крагельского. – М.: Машиностроение, 1968. – 544 с.
6. Першин, В.К. Моделирование тепловых режимов при фрикционном взаимодействии колеса и тормозной колодки / В.К. Першин, Л.А. Фишбейн // Транспорт урала. – 2005. – №1 (4). – С. 34–44.
7. Колесниченко, А.И. Анализ силового взаимодействия фрикционных элементов в дисковом тормозе / А.И. Колесниченко // Труды ВНИИ вагоностроения. – 1974. – Вып. 25. – С.42–52.
8. Колесниченко, А.И. Стендовые испытания тормозного оборудования фирмы "Knorr-Bremse" / А.И. Колесниченко, Д.Ю. Пазухин, А.Н. Скачков // Проблемы и перспективы развития вагоностроения: материалы III всероссийской научно-практической конференции. – Брянск, 2006. – С. 50–56.
9. Налев, И.А. Опыт разработки и производства железнодорожных композиционных тормозных колодок в ОАО "ФРИТЕКС" / И.А. Налев, Д.А. Дружков, Н.А. Страхов // Вестник ВНИИЖТа. – М., 2002. – № 4. – С. 15–19.

© Д.О. Миронов, (9467067@gmail.com), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

7-9

декабря

КАЗАНЬ-2016

ОРГАНИЗАТОРЫ
 Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,
 Ассоциация предприятий и предпринимателей Республики Татарстан,
 Мэрия города Казани,
 ОАО «Казанская ярмарка»

При поддержке Президента и Правительства Республики Татарстан

Реклама

16-я международная специализированная выставка

Машиностроение. Металлообработка.

Казань

11-я специализированная выставка

ТехноСварка

Казань