

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Ю.В.Рождественский
« ___ » _____ 2019г.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ–23.03.03.2019.14.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
_____ А.А. Дойкин
« ___ » _____ 2019 г.

Автор работы
студент группы П-416
_____ Е.А. Зозуленко
« ___ » _____ 2019 г.

Нормоконтроллер, доцент
_____ А.А. Дойкин
« ___ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Зозуленко Е.А., Сравнительное исследование эксплуатационных характеристик тормозных колодок— Челябинск: ЮУрГУ, П–416, 54 с., 24 рисунков, библиографический список 10 наименования.

В данной выпускной квалификационной работе была разработана методика испытаний тормозных колодок на эксплуатационные свойства. Испытания производились при использовании машины трения ИИ5018. Для испытаний были использованы 5 комплектов тормозных колодок, одинаковых по конструкции, но разных по фрикционному составу. Данные для расчета были приняты по легковому автомобилю Лада Калина 2.

Было изучено множество методик испытаний, проанализировав их было принято решение провести свои испытания.

Целью данной работы было экспериментальным путем сравнить тормозные свойства, степень износа, нагрев тормозной колодки дискового тормозного механизма.

					<i>23.03.03.2019.145.0000 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Зозуленко</i>			<i>Сравнительное исследование эксплуатационных характеристик тормозных колодок</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Дойкин</i>				Д	3	54
<i>Реценз.</i>						<i>ЮУрГУ Кафедра АВТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дойкин</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Рождественский</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	8
1.1 Назначение тормозной системы.....	8
1.2 Устройство тормозной системы.....	9
1.3 Тормозной механизм задней оси	9
1.4 Тормозной механизм передней оси	11
1.5 Устройство элементов тормозной системы	12
1.6 Принцип работы тормозной системы.....	17
1.7 Тормозные колодки	17
1.8 Состав фрикционной смеси тормозной колодки.....	19
2 МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК.....	22
2.1 Испытания лаборатории ИЦПА ФГУП «НАМИ»	22
2.2 Методика испытаний журнала «За рулем»	25
2.3 Методика Украинской компании TORMOZI	27
2.4 Методика ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки.	31
2.5 Характеристики и свойства тормозных колодок.....	32
3 РАЗРАБОТАННАЯ МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ МАШИНЫ ТРЕНИЯ ИИ5018	35
3.1 Технические характеристики	35
3.2 Состав изделия.....	36
3.3 Тормозные колодки для испытаний	36
3.4 Методика проведения эксперимента.....	41
3.5 Обоснование условий испытаний	41

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

3.6 Подготовка образцов	44
3.7 Порядок проведения испытания	44
3.8 Результаты испытаний	45
3.9 Выводы по испытаниям	50
4 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С МАШИНОЙ ТРЕНИЯ ИИ5018.....	52
4.1 Основные требования пожарной безопасности для лабораторий кафедры АвТ	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
БИблиографический список	56

ВВЕДЕНИЕ

Тормозные свойства – совокупность свойств автомобиля, характеризующих способность снижения скорости, поддержки постоянной скорости на уклонах, обеспечения прямолинейного движения автомобиля в процессе торможения и удержания его на месте.

Одним из важных элементов тормозной системы являются, тормозные колодки.

В настоящее время существует множество различных видов тормозных колодок, в зависимости от производителя они отличаются по составу фрикционного материала.

Эффективность тормозных колодок проводят в специальных лабораториях на тормозных стендах, либо на автополигоне, определяя эксплуатационные тормозные свойства. Тормозные колодки испытывают на коэффициент трения, тормозной момент, износ фрикционного материала, а также нагрев.

Для безопасности существует 2 контура. При выходе из строя одного контура, его функции выполняет другой контур.

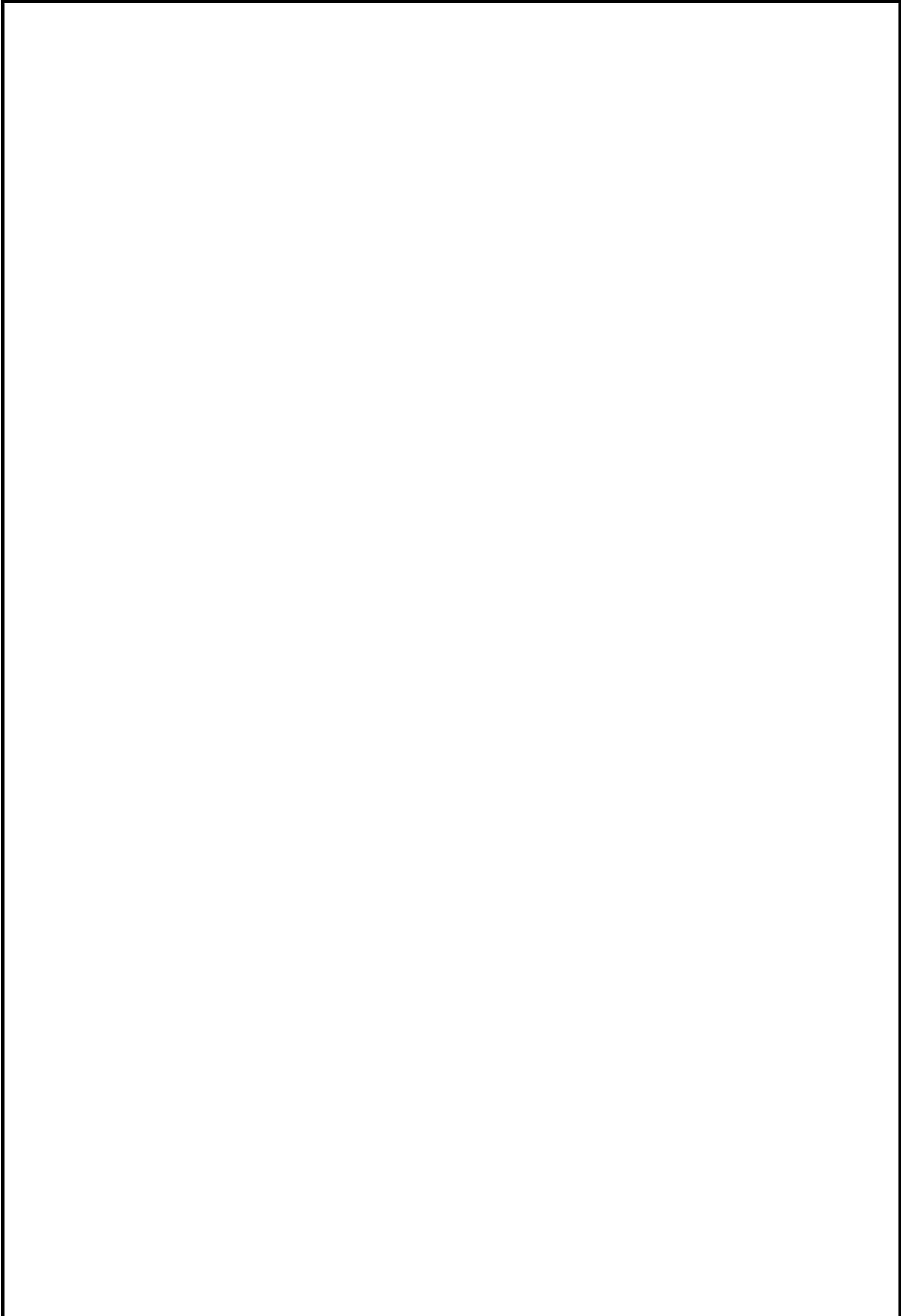
Существует очень много разных тормозных колодок. Разных не по конструкции, а по разному составу. Фрикционных смесей существует очень много. Каждое предприятие делает по своей рецептуре и добавляет различные присадки. В составе колодок находится множество компонентов. Все пропорции четко соблюдены и стандартизированы.

Задачи исследования:

1. Сделать обзор существующих методик тестирования колодок
2. Оценить достоинства и недостатки методик
3. Разработать собственную методику
4. Подготовить образцы
5. Провести испытания

Данные для расчета были приняты по легковому автомобилю Лада Калина

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					



					<i>23.03.03.2019.145.0000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Назначение тормозной системы

Тормозная система автомобиля является самой важной для водителя, т.к. это безопасность, тормозная система автомобиля обеспечивает замедление, удержание авто на месте, а также экстренное торможение в критической ситуации. Тормозные системы по своим функциям разделяются на рабочую, вспомогательную, стояночную и запасная. Рабочая тормозная система предназначена водителю для замедления автомобиля, а также полностью остановить авто, с необходимой эффективностью, стояночная система обеспечивает удержание автомобиля, а вспомогательная тормозная система необходима для поддержания постоянной скорости автомобиля и её регулирования. Стояночную тормозную систему также применяют при экстренном торможении.

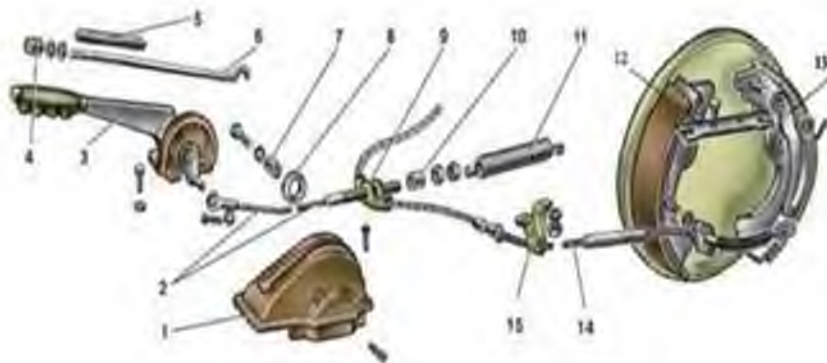


Рисунок 1 – Схема стояночного тормоза:

1 - чехол; 2 - передний трос; 3 - рычаг; 4 - кнопка; 5 - пружина тяги; 6 - тяга защелки; 7 - втулка; 8 - ролик; 9 - направляющая заднего троса; 10 - распорная втулка; 11 - оттяжная пружина; 12 - распорная планка; 13 - рычаг ручного привода колодок; 14 - задний трос; 15 - кронштейн заднего троса

Стояночный тормоз имеет механический привод от рычага 3, который вместе с возвратным рычагом смонтирован на кронштейне, закрепленном к полу кузова.

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

Возвратный рычаг соединяется пальцем с передним тросом 2, другой конец которого проходит через отверстие направляющей 9 заднего троса и на резьбовой наконечник троса наворачивается гайка и контргайка.

1.2 Устройство тормозной системы

На автомобиль устанавливают фрикционные тормозные механизмы, работа которых основана на использовании сил трения. Тормозной механизм рабочей системы устанавливается непосредственно в колесе.

В зависимости от конструкции автомобилей различают барабанные и дисковые тормозные механизмы, эти системы во многом отличаются между собой.



Рисунок 2 – Общая схема тормозной системы

1.3 Тормозной механизм задней оси

Тормозной механизм состоит из подвижной и не подвижной части. В качестве подвижной части барабанного механизма является тормозной барабан, неподвижной части – тормозные колодки.

На автомобиле Лада Калина на задней оси установлен барабанный тормозной механизм (рисунок 3). Он состоит из тормозного щита, на котором закреплен рабочий цилиндр, двух тормозных колодок с фрикционными накладками, стягиваемых между собой пружинами, и тормозного барабана. Тормозные колодки задних колёс, кроме того, имеют механический привод от стояночной тормозной системы через трос, разжимной рычаг и распорную планку.

В рабочий тормозной цилиндр заднего колеса автомобиля ВАЗ-2105 с обеих сторон с усилием не менее 35 кгс запрессованы два разрезных упорных кольца, которые вместе с деталями поршней обеспечивают автоматически установку зазора между колодками и барабаном. В поршень ввёрнут винт, который упирается в разрезной сухарь. Головка винта при перемещении поршня упирается во внутренний буртик упорного кольца, чем ограничивается ход поршня. Между сухарями и опорной чашкой установлена пружина, поджимающая уплотнитель к торцевой поверхности поршня и к зеркалу цилиндра. При торможении поршни перемещаются в цилиндре на величину зазора между колодками и барабаном. Максимальный ход поршней в цилиндре без перемещения упорных колец составляет 1, 4...1, 6 мм. Если этот ход не обеспечивает нужный тормозной момент, то под увеличивающимся нажатием на педаль тормоза в приводе создается значительное давление жидкости. Когда усилие, создаваемое давлением жидкости, достигнет 35 кгс, упорные кольца вместе с поршнями и другими деталями переместятся в цилиндрах и займут новое положение, компенсируя тем самым износ колодок и барабанов и восстанавливая необходимый зазор между ними.

При растормаживании колодки отводятся от барабана стяжными пружинами. При этом поршни перемещаются внутри цилиндра на величину зазора, между сухарями и внутренним буртиком упорных колец, т.е. ход поршней в цилиндре остаётся равным 1, 4...1, 6 мм.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

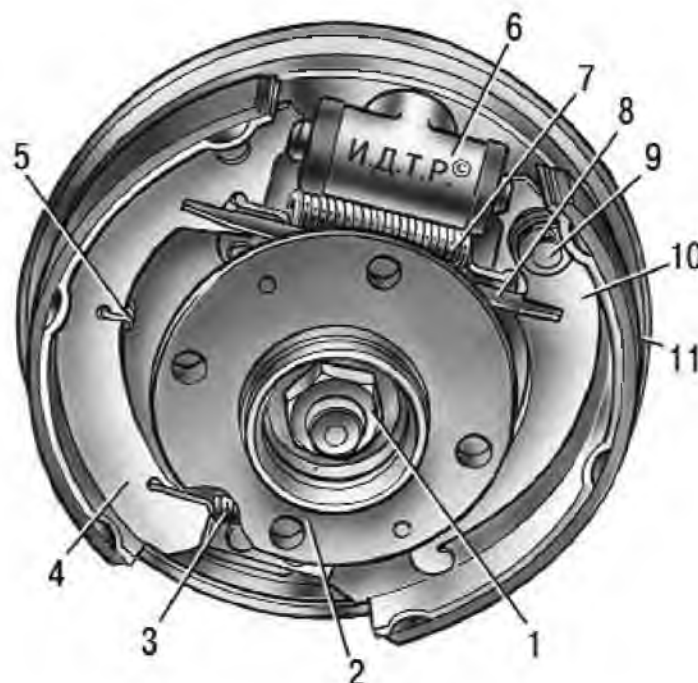


Рисунок 3 – Тормозной механизм барабанный:

1 - гайка крепления ступицы; 2 - ступица колеса; 3 - нижняя стяжная пружина колодок; 4 - тормозная колодка; 5 - направляющая пружина; 6 - колесный цилиндр; 7 - верхняя стяжная пружина; 8 - разжимная планка; 9 - палец рычага привода стояночного тормоза; 10 - рычаг привода стояночного тормоза; 11 - щит тормозного механизма.

1.4 Тормозной механизм передней оси

Подвижной частью дискового механизма является тормозной диск, неподвижной – тормозные колодки. В силу эффективности на современных автомобилях принято ставить на заднюю и переднюю оси дисковые тормозные механизмы (рисунок 4).

При торможении под давлением тормозной жидкости, создаваемым в главном тормозном цилиндре, поршни, преодолевая упругую деформацию резиновых колец, выдвигаются из цилиндров и прижимают тормозные колодки к тормозному диску.

При растормаживании, когда давление жидкости в гидроприводе уменьшается, поршни отводятся в исходное положение силой упругой

деформации колец на 0, 1 мм. Таким образом, зазор между накладкой тормозной колодки и диском поддерживается автоматически по мере износа фрикционных накладок.

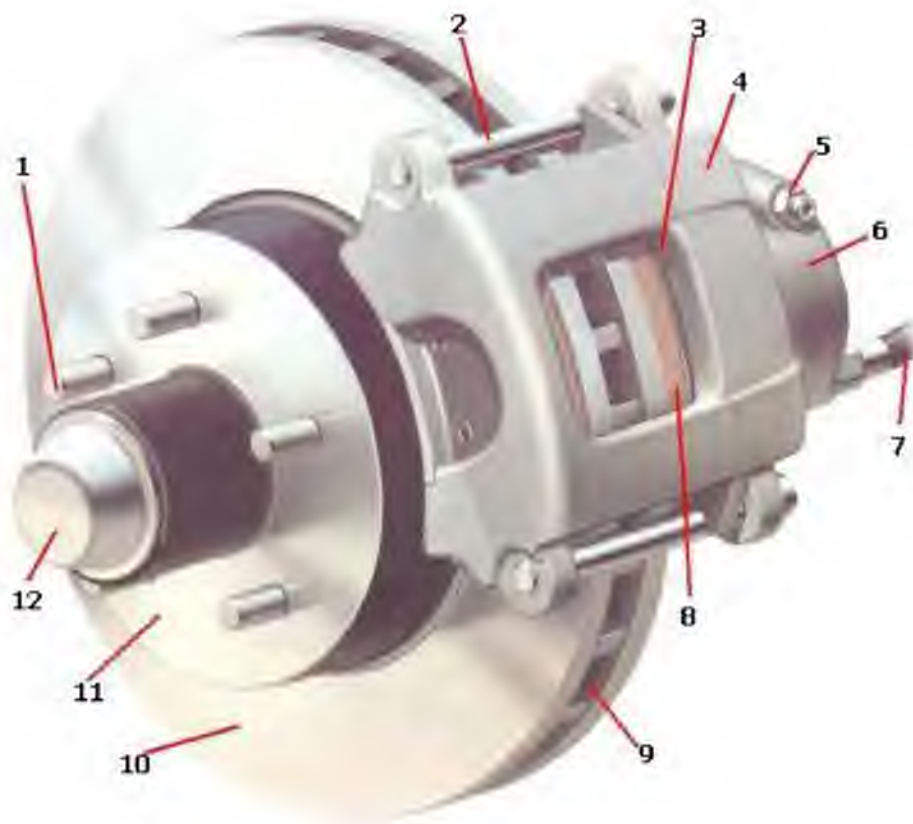


Рисунок 4 – Схема дискового тормозного механизма:

1 - колесная шпилька; 2 - направляющий палец; 3 - смотровое отверстие; 4 - суппорт; 5 - клапан; 6 - рабочий цилиндр; 7 - тормозной шланг; 8 - тормозная колодка; 9 - вентиляционное отверстие; 10 - тормозной диск; 11 - ступица колеса; 12 - грязезащитный колпачок

1.5 Устройство элементов тормозной системы

Подробно опишем каждый элемент дискового тормоза

Дисковый тормозной механизм состоит из тормозного диска высококачественного металла, тормозного суппорта в котором установлены 2 тормозные колодки.

В тормозном суппорте стоит рабочий цилиндр, который прижимает тормозные колодки к диску.

Тормозной диск из-за постоянного трения о тормозную колодку сильно нагревается. Охлаждение диска осуществляется потоком воздуха. На современных автомобилях в дисках делают специальные отверстия для лучшего охлаждения. Такой диск называют вентилируемым. На спортивных автомобилях применяют керамические тормозные диски, т.к. они лучше отводят тепло.

К колодкам приклеены фрикционные накладки, которые и осуществляют эффективное торможение автомобиля. На более дорогих колодках есть датчики износа, сигнализирующие о необходимости замены. Тормозные колодки прижимаются к суппорту пружинными элементами.

Тормозной привод обеспечивает управление тормозными механизмами. В тормозных системах автомобилей применяются следующие типы тормозных приводов: механический, гидравлический, пневматический, электрический и комбинированный.

Гидравлический привод является одной из частей тормозной системы. Привод состоит главного тормозного цилиндра, колесного цилиндра, соединительных шлангов и трубопроводов.

При помощи ноги водителя усилие передается на ГТЦ (рисунок 5).

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

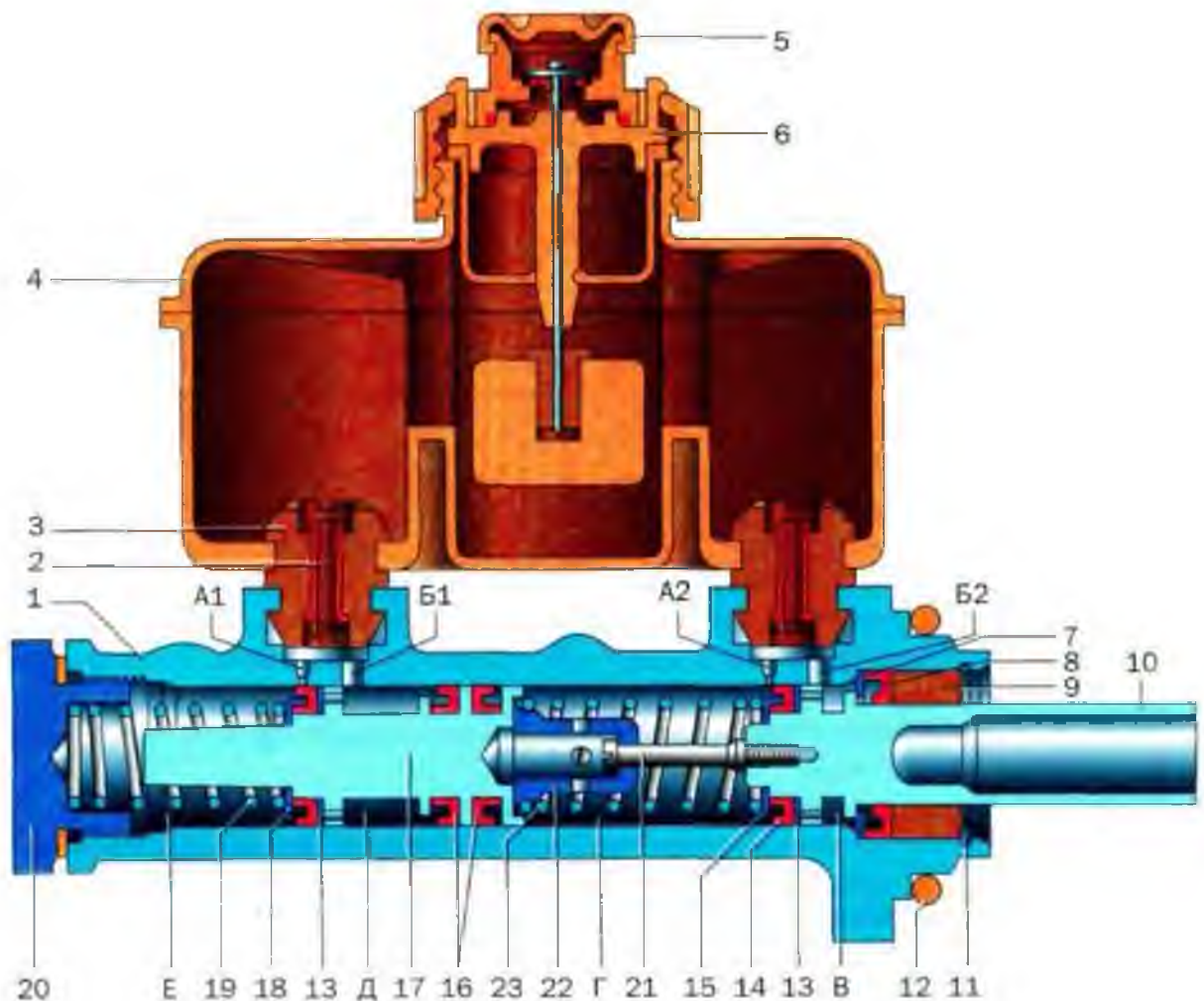


Рисунок 5 – Главный тормозной цилиндр с бачком:

A1, A2 - компенсационные отверстия; B1, B2 - перепускные отверстия; В, Г, Д, Е - полости; 1 - корпус; 2 - трубка; 3 - соединительная втулка; 4 - бачок; 5 - защитный колпачок; 6 - датчик сигнализатора аварийного падения тормозной жидкости; 7 - упорное кольцо; 8 - наружная манжета; 9 - направляющая втулка; 10, 17 - поршни; 11 - стопорное кольцо; 12 - уплотнительное кольцо; 13 - шайба поршня; 14, 16 - манжеты; 15, 18 - упорные шайбы; 19 - пружина; 20 - пробка; 21 - болт держателя пружины; 22 - держатель пружины; 23 - пружина.

Чтобы увеличить усилие на ГТЦ присутствует усилитель тормозов (вакуумный усилитель), (рисунок 6).

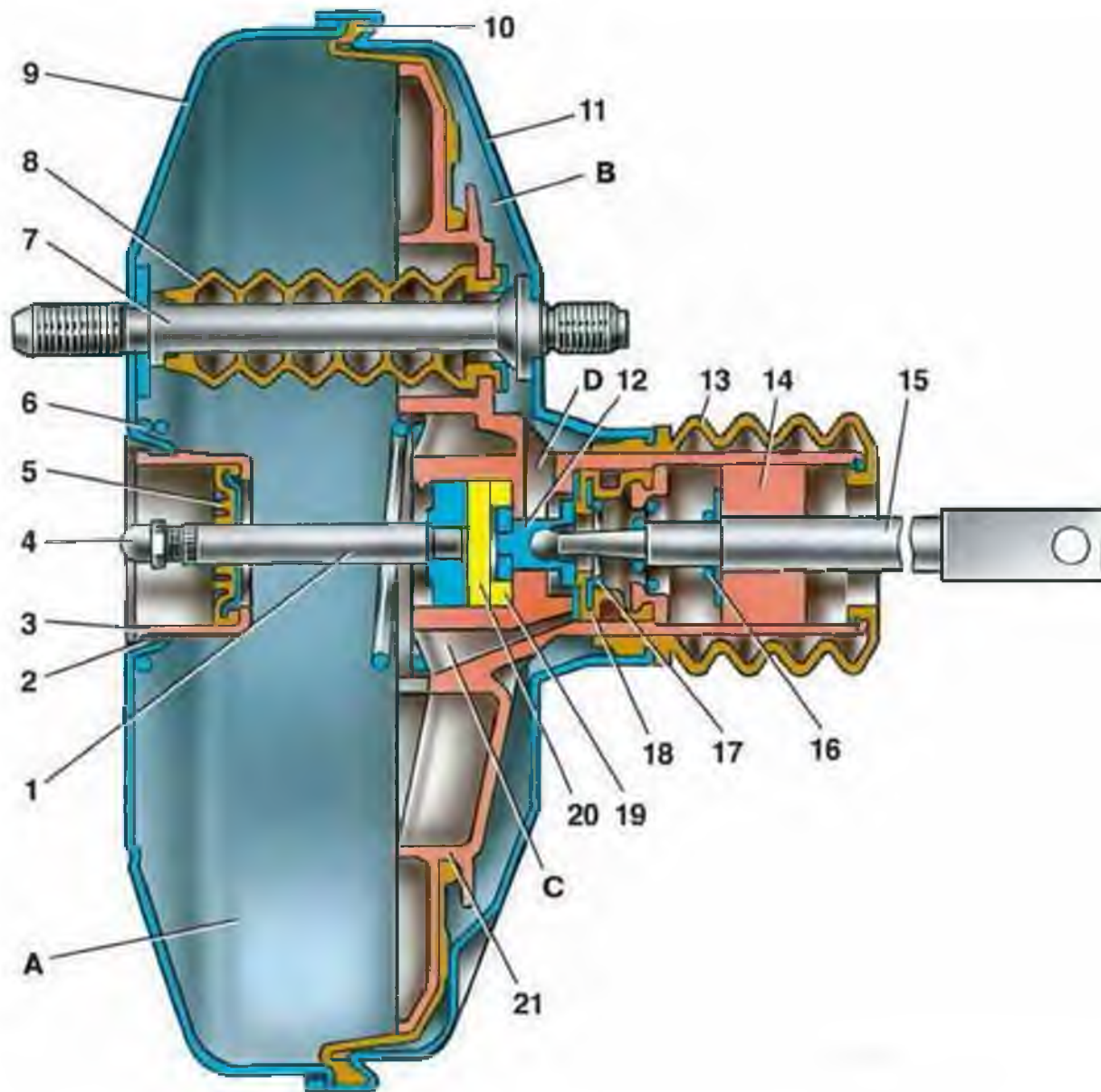


Рисунок 6 – Вакуумный усилитель:

1 - шток; 2 - уплотнительное кольцо фланца главного цилиндра; 3 - чашка корпуса усилителя; 4 - регулировочный болт; 5 - уплотнитель штока; 6 - возвратная пружина диафрагмы; 7 - шпилька усилителя; 8 - уплотнительный чехол; 9 - корпус усилителя; 10 - диафрагма; 11 - крышка корпуса усилителя; 12 - поршень; 13 - защитный чехол корпуса усилителя; 14 - воздушный фильтр; 15 - толкатель; 16 - возвратная пружина толкателя; 17 - пружина клапана; 18 - клапан; 19 - втулка корпуса клапана; 20 - буфер штока; 21 - корпус клапана; А - вакуумная камера; В - атмосферная камера; С, D - каналы.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.145.0000 ПЗ

Лист

15

ГТЦ создает давление тормозной жидкости и направляет ее к тормозным цилиндрам. Чтобы передать давление для двух контуров присутствует сдвоенный ГТЦ. При техническом обслуживании нужно следить за уровнем тормозной жидкости и своевременно пополнять его уровень согласно меткам на расширительном бочке.

Тормозной цилиндр (рисунок 7) обеспечивает срабатывание тормозного механизма, т.е. прижатие тормозных колодок к тормозному диску (барабану).

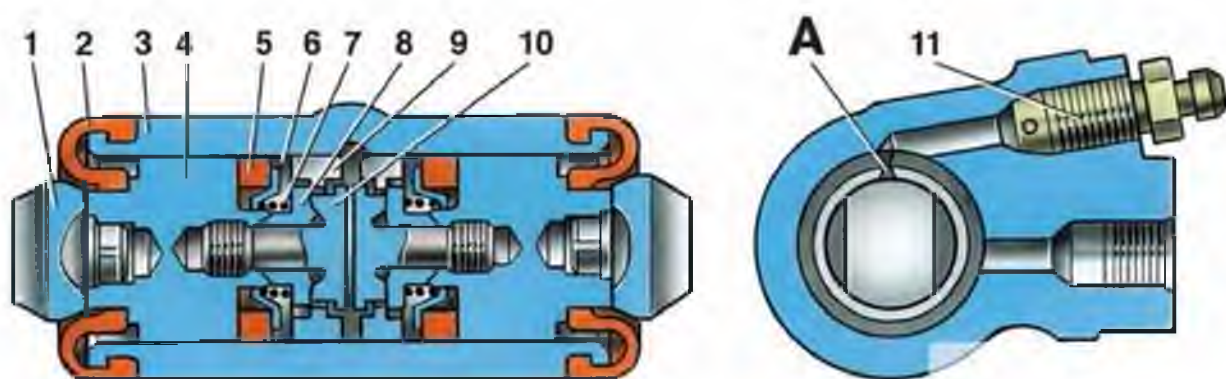


Рисунок 7 – Тормозной цилиндр:

1 - упор колодки; 2 - защитный колпачок; 3 - корпус цилиндра; 4 - поршень; 5 - уплотнитель; 6 - опорная тарелка; 7 - пружина; 8 - сухари; 9 - упорное кольцо; 10 - упорный винт; 11 - штуцер; А - прорезь на упорном кольце

Для безопасности существует 2 контура. При выходе из строя одного контура, его функции выполняет другой контур. При необходимости контуры дублируют друг друга, выполняют часть функций друг друга. Самая распространенная схема диагональная, когда работают 2 контура.

На новых автомобилях устанавливают различные электронные системы: ABS, усилитель экстренного торможения, система распределения тормозных усилий, электронная блокировка дифференциала.

1.6 Принцип работы тормозной системы

Рабочая тормозная система является гидравлической, рассмотрим принцип ее работы.

Если приложить усилие на педаль тормоза, нагрузка передается к усилителю, который создает дополнительное усилие на главном тормозном цилиндре. Поршень ГТЦ нагнетает жидкость через трубопроводы к колесным цилиндрам. При этом увеличивается давление жидкости в тормозном приводе. Поршни колесных цилиндров перемещают тормозные колодки к дискам (барабанам).

При дальнейшем нажатии на педаль увеличивается давление жидкости на тормозные цилиндры, которые давят на тормозные колодки и происходит срабатывание тормозных механизмов, и начинают замедлять вращение колеса, тем самым снижается скорость автомобиля. Чем сильнее нажимать на педаль тормоза, тем больше будет создаваться давление на ГТЦ. Давление тормозной жидкости на поршень достигает 10-15 Мпа.

Педаль принимает свое первоначальное состояние при помощи возвратной пружины. Давление начинает понижаться. В исходное положение перемещается поршень ГТЦ. Пружинные элементы отводят тормозной суппорт. Тормозная жидкость из колесных цилиндров по трубопроводам возвращается в ГТЦ.

Эффективность тормозной системы значительно повышается за счет применения систем активной безопасности (ABS, система экстренного торможения) автомобиля.

Одним из главных элементов тормозной системы является тормозные колодки.

1.7 Тормозные колодки

Тормозные колодки (рисунок 8) – является важной частью тормозной системы и безопасности водителя. Именно они влияют на коэффициент трения. Кроме того, от свойств тормозных колодок будет зависеть интенсивность

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

технического состояния тормозного диска. Колодки плохого качества нарушают плоскость диска и оставляют на нем риски, канавки, вырывы, другими словами разрушают диск.

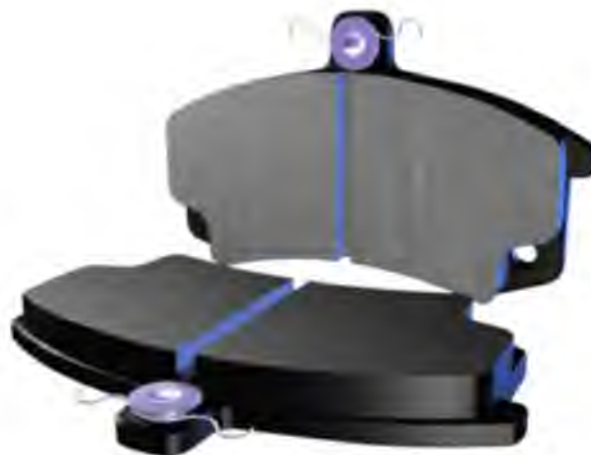


Рисунок 8 – Тормозные колодки для дисковых тормозов

В настоящее время существует очень много разных тормозных колодок. Разные они даже не по конструкции, а разному составу. Фрикционных смесей существует очень много. Каждое предприятие делает по своей рецептуре и добавляет различные присадки. В составе колодок находится множество компонентов. Все пропорции четко соблюдены и стандартизированы.

Основой фрикционной смеси является армирующий компонент. Именно он задает такие свойства как прочность, термостойкость и стабильность тормозных свойств изделия. В последние годы производителям применяются следующие виды тормозных колодок. Популярными на данный момент являются асбестовые, без асбестовые и набирают популярность органические (На основе органических волокон).

Рассмотрим первый вид колодок, асбестовый. Асбестовая пыль может нанести вред для легких и глаз. Во многих руководствах по ремонту и обслуживанию автомобилей говорится, что при замене таких колодок нужно обезопасить свое здоровье, например, воспользоваться респиратором т.к., пары этого материала раздражают слизистую оболочку.

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

Безасбестовые состоят из материала, армирующего компонента, и иные составляющие. Это может быть стальная вата, медная, латунная стружка, различные полимерные композиции и т. д. В дешёвых колодках производители используют смесь органических и неорганических волокон, балансируя между коэффициентом трения, износостойкостью и ценовым диапазоном. Дорогие колодки, включают в себя гранулы мягких металлов и искусственного графита, кевларовых и карбоновых волокон, таким образом увеличивая термостабильность фрикционного материала.

В связи экологией ученые пришли к выводу что фрикционный материал нужно делать из органически волокон. Такие колодки обладают лучшими тормозными свойствами. Такие колодки даже устанавливают на болиды Формула-1, а там хорошие тормоза — это первая необходимость. Гонщикам Формулы-1 при необходимости приходится снижать скорость с 300 км/ч до 60 км/ч. Но присутствует большой минус таких колодок, это высокая цена.

1.8 Состав фрикционной смеси тормозной колодки

Около 20 веществ входит в состав современного фрикционного материала. На хорошее качество фрикционного материала влияют различные факторы, но в первую очередь процентное содержание используемых материалов. Основные составляющие каждого фрикциона:

1. Абразив
2. Модификатор трения
3. Регулятор трения / усилители
4. Наполнитель
5. Связующий элемент

Абразив

Абразивы очищают трущиеся поверхности, помогая формировать фрикционную пленку на границе трущихся поверхностей тормозного диска и колодки.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

Вторая функция абразива – увеличение коэффициента трения, особенно в момент начала торможения.

Сильное срабатывание говорит о высокой пористости и жесткости структуры, абразивам. Производители вынуждены искать компромисс при выборе абразивов. Если абразива слишком много – быстрее стирается диск, если слишком мало, то диск полируется. Коэффициент трения на отполированном диске ниже, чем на пористом.

Отполированный диск – признак стирания абразива тормозной колодки.

Модификатор трения

Функции материала:

1. Управление фрикционной пленкой между, трущимися элементами, колодкой и диском
2. Регулирование коэффициент трения колодки.

Графит - Наиболее широко используемый элемент. Коэффициент трения зависит от структуры. Не работает при температурах выше 600°C, сгорает при температурах > 700°C.

Медь – Используется в виде порошка. (применяется в металлокерамических колодках).

Регулятор трения / усилители

Предают большую износостойчивость составу.

Как правило, это фибры металлов их сплавов или синтетические фибры, например, кевлар.

Дополнительная роль – регулятор трения.

1. Синтетические фибры – кевлар, Дупонт Кевлар или Twaron
2. Фибры металлов - сталь, медь, бронза.
3. Органика - хлопок, Хлопок, кремнезём.

Наполнитель

Асбест - широко распространенный наполнитель (до 1997г). Теперь запрещен к использованию, из-за вредности для здоровья.

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

Наполнитель - формирует структуру. Выполняет функцию заполнения колодки между регуляторами трения, абразивами и уселителями. Дополнительная функция - регулятор трения.

Связующий элемент

Это своего рода клей, связывающий компоненты воедино. Дополнительная роль — регулятор трения. Фенолоальдегидный полимер (органика) - Наиболее часто используемая матрица в органических подложках. Избыток элемента приводит к снижению коэффициента на высоких температурах (увяданию).

Сплавы металлов (Cu, Fe, Ni) - Используется в металлических колодках и в металлокерамических. Различные модификации феноло-альгидных полимеров - Добавки крезол, эпоксида, бора, и т.п. Используется в металлических и полуметаллических колодках.

Типичный состав колодки

Точное содержание материалов неизвестно. В разряд полуметаллической подложка переходит по достижению общего содержания металлов не менее 30%. Наличие металла не мешает подложке содержать органические элементы. Даже металлокерамические тормозные колодки, содержат большой процент органики.

Колодки должны не пропускать тепло через себя. Нагретые колодки будут нагревать тормозной цилиндр, а тормозной цилиндр нагреет тормозную жидкость, при высоких температурах жидкость может закипеть, после этого тормоза могут отказать. Вот почему стоит обеспечить тепловой барьер между металлическим каркасом колодки и фрикционным материалом.

Водитель должен помнить о замене тормозных колодок в независимости от пробега, и не допускать полного стирания фрикционного материала. Средний срок эксплуатации колодок 10-15 тысяч километров. При быстрой езде, вам приходится понижать скорость автомобиля гораздо быстрее и фрикционный материал будет быстрее приходить в негодное состояние. Если толщина накладки приблизится к 2 мм., обязательно стоит заменить тормозные колодки, не дожидаясь полного износа тормозной колодки.

					23.03.03.2019.145.0000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2 Методики испытаний тормозных колодок

Степень эффективности тормозных колодок определяют несколькими критериями, в первую очередь это фрикционные свойства, затем износостойкость фрикционного материала, прочность соединения фрикционной накладки с основанием колодки, а также влияние колодки на тормозной диск.

2.1 Испытания лаборатории ИЦПА ФГУП «НАМИ»

Все эти испытания проводятся в специальной оборудованной лаборатории, одна из таких лабораторий является ИЦПА ФГУП «НАМИ», они используют инерционный динамометрический стенд СТН-НАМИ, а также специальное оборудование необходимое для испытаний, все оборудование аттестовано по ГОСТ Р 8.568-97. Для испытания фрикционных свойств и износостойкости берут 2 колодки из одного комплекта. Чтобы испытание было более точным они использовали каждый раз новый тормозной диск.

В ходе испытания на стенде СТН-НАМИ нагрузили вал до $6,0 \text{ кгс}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$ и установили на нем тормозной диск, затем его разогнали до определенной теоретическим путем частоты вращения, после чего начали затормаживать его при определенном тормозном усилии.

Фрикционные свойства накладок тормозных колодок оценивались по методике АвтоВАЗа. Температура определялась с помощью термопары типа «хромель/алюмель», устанавливаемой в тормозную накладку. При испытании применялись оригинальные тормозные диски.

Перед испытаниями колодки должны пройти процедуру приработки, которая заканчивается по достижении 90% прилегания рабочей поверхности, после чего специалисты определяют толщину тормозной колодки с помощью микрометра в четырех точках, равноудаленных по контуру накладки. В местах замера в каркасе высверливались конусообразные лунки для получения более точных результатов.

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

После этого начали проводить первые замеры износа колодки в 4-х точках, показано на рисунке 9.

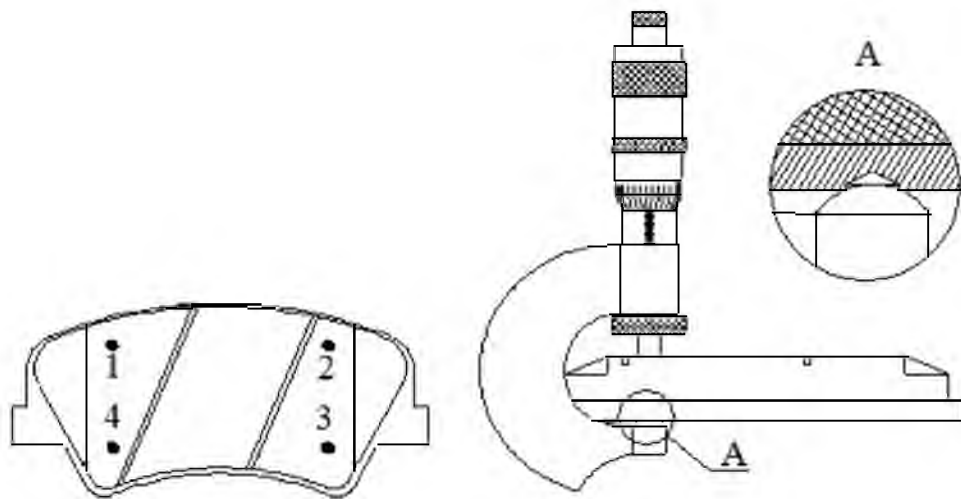


Рисунок 9 – Замер толщины колодки

Эффективность торможения определили в зависимости среднего тормозного момента от:

- давление тормозного цилиндра при низкой скорости торможения;
- температуры тормозной колодки.

Температуру сопряжения тормозного диска с колодкой измеряли термопарой.

Следующим замером был, износ тормозного диска также в 4 точках, показано на рисунке 10.

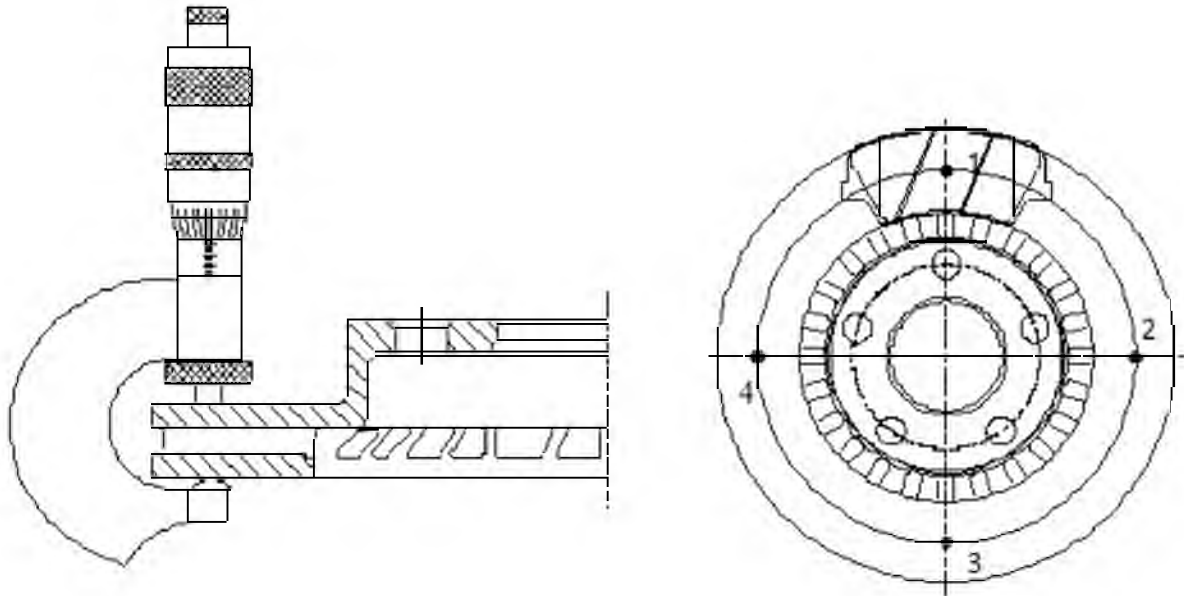


Рисунок 10 – Замер износа тормозного диска

Перед каждой серией испытаний обязательно прирабатывали колодки, при помощи многократных торможений. Начальная температура сопряжения тормозного диска и колодки составляла 100°C . Начальная скорость движения была 60 км/ч , а конечная 0 км/ч . Давление в приводе составляла 50 кг/см^2 .

Испытание №1.

Это испытание имитирует разные режимы единичных торможений (от слабого до экстренного) со скорости 100 км/ч до полной остановки автомобиля. Температура колодки в начале торможения 100°C , начальная скорость 100 км/ч , Давление в тормозном цилиндре изменяется от 2 до 8 МПа с интервалом 2 МПа .

Испытание №2.

Это испытание имитирует разные режимы единичных торможений при разных начальных скоростях торможения. Давление в тормозном цилиндре 5 МПа , что соответствует интенсивному торможению, температура колодки в начале торможения 100°C . Начальная скорость меняется с 40 до 140 км/ч с шагом 20 км/ч . Этим испытанием измеряется замедление.

Испытание №3.

Для оценки эффективного торможения при разных температурных режимах используется это испытание. Начальная скорость торможения 100 км/ч , давление

в тормозном цилиндре 5 МПа. Замеряется замедление при различных значениях температуры колодки (от 50 до 500 градусов с шагом 50 °С).

Испытание №4.

В этом испытании создают движение автомобиля как по горной местности. Испытание происходит следующим образом, испытатель производит 25 циклов торможения, каждый цикл длится 45 секунд. Начальная скорость торможения 100 км/ч., а конечная скорость 50 км/ч. После этого происходит замер на износ фрикционного материала по четырем точкам тормозной колодки.

Это методика испытаний предназначена только для ходовых испытаний, она показывает более наглядные результаты, такие как тормозной путь, износ фрикционного материала, термостабильность, а также износ тормозного диска. Но с помощью этого метода невозможно определить эксплуатационные характеристики тормозных колодок.

2.2 Методика испытаний журнала «За рулем»

Испытания проводили для 10 комплектов тормозных колодок в ценовом диапазоне 500-3500 рублей за комплект.

Испытания на стенде дают точные замеры и точный результат. Но авторы журнала “За рулем” считают, что испытания обязательно нужно проводить на автомобиле т.к., тормозные колодки работают не на стенде, а на машине, в дорожных условиях.

Тестирование колодок проводят на автополигоне. Чтобы получились максимально достоверные результаты они отключили задние тормоза автомобиля, а также систему ABS (антиблокировочная система). Для чистоты эксперимента после каждого испытания устанавливали новый тормозной диск.

С помощью оборудования измеряют замедление и тормозной путь автомобиля. Температуру дисков измеряют пирометром. Я считаю это очень неточный замер.

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

На первом этапе производят обкатку тормозных дисков. Водитель проезжает около 30 км., и притирает колодки путем многократного торможения, считается что новые не обкатанные колодки хуже проявляют свои тормозные свойства чем обкатанные.

Затем измеряют усилие на педаль тормоза до блокировки передних колес. Усилие на педаль тормоза не должно быть высоким, а главное стабильным. Насколько быстро стабилизируется усилие на педали, уже можно составить первое впечатление о качестве колодок.

После обкатки колодок проводят холодное испытание, это испытание когда температура тормозных дисков не превышает 100°C . Испытатель производит торможение на скорости 70 км/ч до полной остановки автомобиля. Замеряют замедление и тормозной путь. Проверка температуры тормозного диска осуществляется после каждого контрольного торможения. Если температура превысит 100°C , испытатель остужает тормоза, проезжая по кругу не нажимая на педаль тормоза. Это испытание больше похоже на повседневную езду.

Далее проводят горячее испытание, это имитация езды в горных условиях или серии обгонов при постоянном перемещении из ряда в ряд с многократными нажатиями на педаль тормоза, водитель 15 раз снижает скорость автомобиля с 70 до 35 км/ч с замедлением близкое к блокировке колес, но без блокировки. После этого останавливают автомобиль и делают контрольный замер температуры тормозного диска. При таком испытание диски могут нагреться до 500°C .

После этих испытаний проводят замер толщины колодки по 4 точкам. Хорошие колодки — это те колодки, у которых максимальное замедление, и минимальный тормозной путь, а также чтобы была стабильность колодок в холодную и жаркую погоду.

Испытуемые колодки расставляют по порядку и учитывают все данные и износ колодок. Как выяснялось самые дешевые колодки быстро разрушились и пришли в негодное состояние. Но и нашли лучшие колодки в этом ценовом диапазоне. Это Корейские колодки Mobis за 3310 руб., они имеют малый

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

тормозной путь, очень быстрое замедление и почти никакого износа фрикционной накладки.

Недостатки этого метода заключаются в неточности всех замеров, испытания тормозных колодок обязательно должны проводиться в специально оборудованных лабораториях, все действия должны повторяться многократно, при испытании на автополигоне, каждый раз приходится разные нагрузки на колодку, разная температура, и разная манера вождения испытуемого, испытания проводятся в лаборатории по определенному стандарту. Испытания необходимо проводить качественно, так как это грозит здоровью людей. Но есть и достоинства такой методики испытания, это скорость испытания, в лаборатории все проводится намного дольше, в этом случае можно сразу понять хорошие ли это колодки или нет.

2.3 Методика Украинской компании TORMOZI

Тесты тормозных колодок Remsa, Ferodo и Power Stop

Технология проведения испытания тормозных колодок.

Поскольку на территории Украины ни одна компания не проводит открытых тестов тормозных колодок и фрикционных смесей, мы решили изучить свойства материалов, факторы, влияющие на торможение и попытаться учесть все обстоятельства.

Итак, немного о принятых стандартах и нашем подходе. Принятый стандарт при проведении испытаний тормозных колодок требует проведения ряда действий. В частности, торможение со 100 км/ч при изменяющемся давлении в тормозном цилиндре; замеры замедления при постоянном давлении и разных скоростях, циклы повторных нагрузок, а также – степень износа. Этот комплекс мер позволяет определить изменение коэффициента трения в разных режимах и условиях, износ, звуковые колебания, абразивность и выбор пыли. Однако, такой подход требует специального оборудования.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

Технология TORMOZI. Для того, чтобы их замеры не искривляли истину, они намерено отказались от определения некоторых характеристик тормозных колодок. Они оценивали длину тормозного пути автомобиля в нескольких режимах, наличие шумов и некоторые потребительские характеристики. Испытания проводились на автомобиле Mitsubishi Galant, 2,5 л, снаряженная масса 1325 кг. Резина – Тоуо, с незначительным износом.

Для нейтрализации разностей давления в тормозном цилиндре мы зафиксировали рабочий ход педали тормоза металлическим ограничителем так, чтобы при замерах сила воздействия на неё была равновеликой.

Испытания проводились на практически новых (прошедших притирку) тормозных перфорированных дисках Brembo;

Все испытуемые образцы тормозных колодок проходили притирку в одинаковом режиме: «нулевая» притирка (при одновременно нажатых педалях газа и тормоза движение на малых скоростях), цикличная и дорожная (обычная дорожная эксплуатация при умеренных нагрузках), с обязательным охлаждением поверхностей;

Каждый образец испытывали 4 раза – первый разогревочный, и три последующие – в зачет. Рабочая скорость 60 км/ч.

Внешние погодные условия при проведении испытаний были одинаковыми, на ровном асфальтном покрытии.

Итак, к первому тесту их выбор пал на керамические тормозные колодки «Power Stop» серии Z16 (компания «Power Stop», производства США), органические тормозные колодки «Ferodo» серии Premier (концерн Federal Mogul, производство Великобритания) и органические тормозные колодки «Remsa» (концерн TRW, производство Испания).

Подчеркнем, что на момент тестов они не являлись официальным дистрибутором ни одной из выбранных марок, тем не менее все эти бренды представлены в нашем ассортименте.

Результаты замеров длины тормозного пути (по 3 зачета на образец), в метрах (рисунок 11).

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

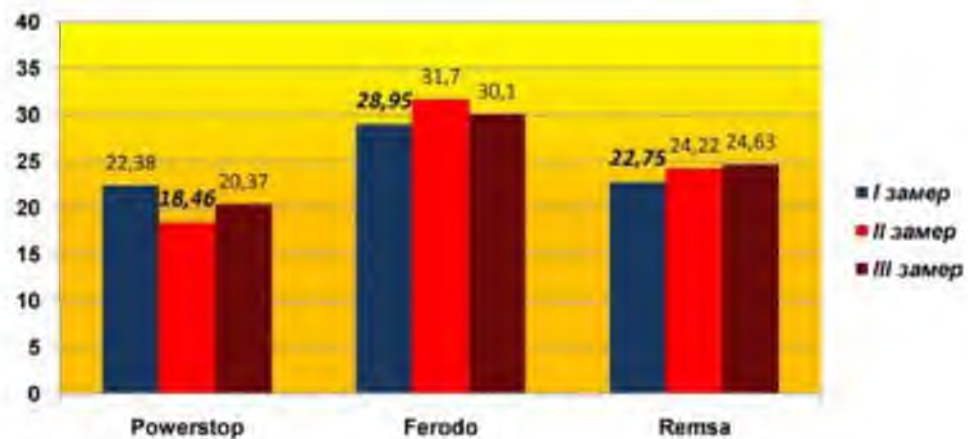


Рисунок 11- Длина тормозного пути

Результаты замеров тормозного пути – среднеарифметические и минимальные значения, в метрах (рисунок 12).

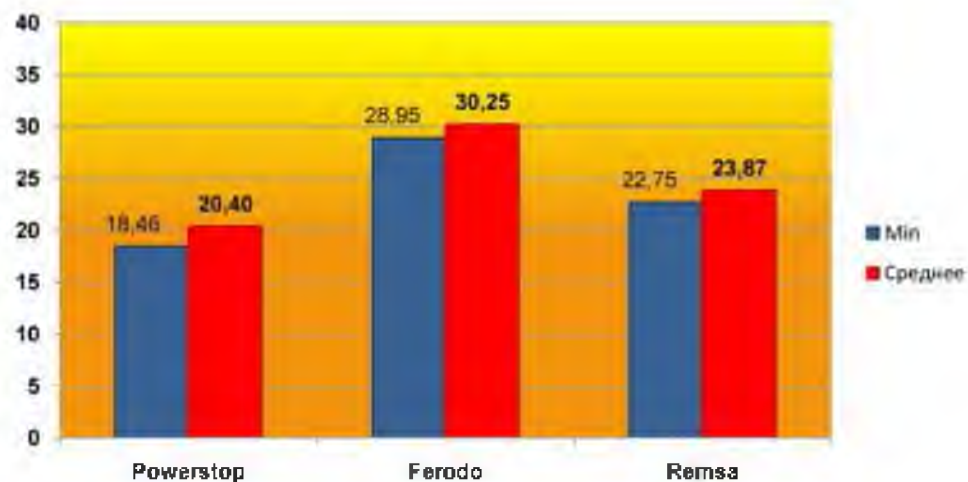


Рисунок 12 – Среднеарифметической и минимальный тормозной путь

Индивидуальные результаты.

Тормозные колодки Power Stop.

Продукт, по сумме показателей заслуживающий звания «Надежный». Уверенное торможение при любой температурной нагрузке. Индекс FF, нанесенный с торца тормозные колодки, согласно стандарта SAE, показывает результаты сертификации. Лучший результат в 18,46 м. откровенно порадовал. Шумы: не обнаружено

Качество упаковки: высокое качество печати, нестандартная упаковка. Обозначена модель, артикул, производитель. Вместо пломбы использована дублирующая запаянная полиэтиленовая упаковка.

Комплектация: противоскрипная пластина, индикаторы износа.

Тормозные колодки Remsa.

Достаточно впечатляющие результаты. При абсолютно среднерыночной цене – тормозные колодки заслуживают уважения. Притерлись равномерно и достаточно быстро, фрикционный состав внешних изъёмов не имеет. Имеют признаки сертификации европейским стандартом ECE90.

Шумы: был обнаружен легкий, еле уловимый писк в одной точке в начале торможения, который постепенно пропадал в процессе притирки. Мы списали звук на этап притирки, который впоследствии проявляться не будет.

Качество упаковки: качество печати на должном уровне. Есть пломба. Обозначена модель, артикул, производитель.

Комплектация: противоскрипная пластина, индикаторы износа, инструкция на нескольких языках.

Тормозные колодки Ferodo

Тормозные колодки, по которым появились дополнительные факторы. За время обкатки одна из четырех колодок притерлась процентов на 25 (что было видно на трущейся поверхности). Очевидно, что накладка не работала на 100 %. Однако, с трудом верится, что это могло стать причиной почти 50%-й разницы в длине тормозного пути от ближайшего конкурента. Имеют признаки сертификации европейским стандартом ECE90.

Тем не менее, они планируют повторно включить Ferodo Premier в программу испытания, дабы исключить случайности и побочные явления.

Шумы: посторонних шумов во время эксплуатации обнаружено не было.

Качество упаковки: качество печати на должном уровне. Вместо пломбы – полоска скотча. Обозначена модель, артикул, производитель.

Комплектация: индикаторы износа, инструкция на нескольких языках.

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

2.4 Методика ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки.

Методы проверки.

Эффективность торможения и устойчивость АТС при торможении проверяют на стендах или в дорожных условиях.

Рабочую и запасную тормозные системы проверяют по двум параметрам, эффективность торможения и устойчивость автомобиля при торможении, а стояночную и вспомогательную тормозную систему проверяют по эффективности торможения.

Средства измерений, применяемые при проверке, должны быть технически исправны. Погрешность измерений:

1. Тормозного Пути +5,0 %
2. Начальной Скорости Торможения +1,0 Км/Ч
3. Тормозной Силы +3,0 %
4. Усилия На Органе Управления +7,0 %
5. Времени Срабатывания Тормозной Системы +0,03 С
6. Времени Запаздывания Тормозной Системы +0,03 С
7. Времени Нарастания Замедления +0,03 С
8. Установившегося Замедления +4,0 %
9. Давления Воздуха В Пневматическом Или Пневмогидравлическом Тормозном Приводе +5,0 %
10. Усилия Вталкивания Сцепного Устройства Прицепов, Оборудованных Инерционным Тормозом +5,0 %
11. Продольного Уклона Площадки Для Выполнения Торможений +1,0 %
12. Массы Транспортного Средства +3,0 %

Условия проведения проверки технического состояния тормозного управления

					23.03.03.2019.145.0000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Шины испытываемого автомобиля на стенде должны быть полностью сухими и с одинаковым давлением, установленному изготовителем АТС в эксплуатационной документации. Давление проверяют в холодных шинах.

Проверка рабочей тормозной системы

Для проверки на стендах автомобиль устанавливают колесами каждой из осей на ролики стенда. Отключают двигатель от трансмиссии, ведущие мосты и разблокируют трансмиссионные дифференциалы, запускают двигатель и устанавливают минимальную частоту вращения коленчатого вала. Измерения проводят согласно инструкции по эксплуатации стенда. Для роликовых стендов, не обеспечивающих измерение массы, приходящейся на колеса автомобиля, используют весоизмерительные устройства или справочные данные о массе автомобиля. Измерения и регистрацию показателей на стенде выполняют для каждой оси АТС и рассчитывают показатели удельной тормозной силы и относительной разности тормозных сил колес.

При проверках в дорожных условиях эффективности торможения автомобиля без измерения тормозного пути допускается непосредственное измерение показателей установившегося замедления и времени срабатывания тормозной системы.

Этот метод имеет преимущество в точности измерений, так как тормозные показатели стандартизированы и любое отклонение будет сразу видно, и можно сделать вывод о исправности тормозной системы.

2.5 Характеристики и свойства тормозных колодок

Основные требования, предоставляемые к тормозным колодкам. Эффективное торможение и наименьший износ тормозных дисков.

Разберем эффективное торможение. Как мы знаем в автомобилях (за исключением спортивных) применяются колодки с разной фрикционной смесью: органической, полуметаллической и металлокерамической (спеченные или полукерамические). Разница между ними заключается в эффективности

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

торможения, т.е. в коэффициенте трения, в разных его значениях при изменении температуры.

При торможении в городе колодки нагреваются до 370°C, и даже в этом диапазоне коэффициент и соответственно и эффективность торможения разная, различаются они в зависимости от фрикционного состава. В начале он невысокий, по мере нагрева растет, а при перегреве или температуре близкой к нему снова падает.

SAE (Сообщество автомобильных инженеров) дает таблицу коэффициентов трения (таблица 1), ее код состоит из двух индексов. Первый индекс показывает коэффициент "холодной" колодки (температура до 205°C), а второй индекс обозначает коэффициенту нагретой.

Таблица 1 – кодирование коэффициентов трения тормозных колодок

Код	Коэффициент трения
C	до 0.15
D	от 0.15 до 0.25
E	от 0.25 до 0.35
F	от 0.35 до 0.45
G	от 0.45 до 0.55
H	от 0.55 до 0.8

Тормозные колодки для повседневной эксплуатации в городе имеют коэффициент в пределах от 0,25 - 0,35.

На колодах наносят индексы HH, GG, GF, FF, FE — эти показатели определенным методом SAE J661. На колодках, которые нужно прогревать, первый индекс меньше второго. На низкотемпературных (органике), второй индекс меньше первого. На стабильно работающих во всем диапазоне оба индекса одинаковы.

И так выбираем:

Органические - основа графит, усилитель - металлическая стружка либо келавр или бронза. Коэффициент растет с увеличением нагрева, температурный

диапазон до 400С. и составляет 0.30 - 0.50, мягкие. Недостатки: невысокий коэффициент трения, подвержены повышенному износу, имеют низкую рабочую температуру.

Полуметаллические - сохраняют коэффициент трения при высоких температурах, но хуже работают в начале торможения. Качественные полуметаллические колодки сохраняют свою эффективность при высоких температурах, но из-за абразивных свойств металла происходит более сильный износ дисков.

Металлокерамические - обеспечивают стабильность работы до 550 °С, практически отсутствует отработанная пыль, более мягкие по сравнению с полуметаллическими тормозными колодками, армируются медью и как следствие малый износ дисков, оптимальный вариант для городской эксплуатации, на высоких скоростях.

Так же на степень износа дисков оказывает влияние твердость колодки, она должна быть меньше твердости тормозного диска. Для каждого автомобиля производитель рассчитывает необходимую твердость, в качественном изделии этот показатель не должен отличаться более чем на 10%, обозначается как правило трехзначной цифрой и наносится на металлический каркас с обратной стороны. Значения могут быть от 100 до 600, перед цифрами могут быть буквы, разные в зависимости от производителя.

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

3 Разработанная методика испытаний при помощи машины трения ИИ5018

Существует множество методов проверки тормозных колодок, как стендовых испытаний, так и в дорожных условиях. Была разработана методика испытаний на машине трения ИИ5018 (рисунок 13). Цель данных испытаний, опытным путем сравнить эксплуатационные свойства тормозных колодок, а именно сравнить их коэффициенты трения при разных температурных режимах.



Рисунок 13 – Машина трения ИИ5018

Машина для испытания материалов на трение и износ ИИ 5018 (в дальнейшем – машина) предназначена для испытаний материалов на трение и износ, для изучения процессов трения и износа металлов, сплавов и жестких конструкционных пластмасс. В нашем случае машина будет использована для определения коэффициента трения тормозных колодок, а именно их фрикционного материала.

3.1 Технические характеристики

- Частота вращения нижнего образца 15 – 2000 об/мин.
- Диапазоны измерения частоты вращения вала нижнего образца:
Диапазон А – 15 – 750 об/мин.
Диапазон Б – 40 – 2000 об/мин.
Для нашего испытания был использован диапазон Б.

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

- Максимальный допускаемый момент трения: для образцов «диск-диск» в диапазоне чисел оборотов А и Б и для образцов «вал-втулка» и «диск-колодка» в диапазоне чисел оборотов А – 20 Нм; для образцов «диск-колодка» в диапазоне чисел оборотов Б – 10 Нм.
- Диапазон измерения момента трения: от 0,5 до 20 Нм.
- Диапазон измерения усилия на образец в диапазоне 1 для образца «диск-колодка» от 200 до 2000 Н.
- Питание от сети переменного трехфазного тока напряжением 380/220 В.
- Общая мощность, потребляемая машиной, не более 3 кВт.

3.2 Состав изделия

Машина трения состоит из следующих частей: испытательной установки, приборной стойки, микропроцессорного блока, программно-технического комплекса (ПТК), соединительных устройств.

Испытательная установка включает заднюю стойку, каретку, механизм нагружения, датчик, переднюю стойку, электродвигатель.

3.3 Тормозные колодки для испытаний

В автомобиле Лада Калина используются колодки (таблица 2):

Таблица 2 – Размерность тормозных колодок

Толщина	17,3 мм.
Ширина	104.4 мм.
Высота	61,9 мм.

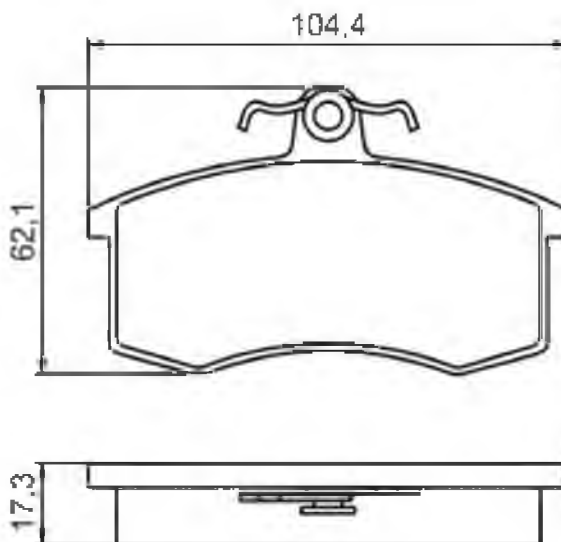


Рисунок 14 – Размеры тормозной колодки Лада Калина

Были использованы несколько комплектов тормозных колодок, одинаковых по конструкции, в одном ценовом диапазоне. Данные колодки подходят на большой ряд автомобилей.

Для сравнения использовались марки тормозных колодок:

Первый комплект колодок FERODO PREMIER (рисунок 15), цена 500 рублей, производитель Британия. Производитель заявляет о работоспособности колодок до 300°C, колодки имеют наилучшие эксплуатационные характеристики и высокую стойкость к дорожной соли. Продукция отвечает международным правилам и стандартам.



Рисунок 15 – Тормозные колодки FERODO

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ	
						Лист 37

Второй комплект колодок AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA (рисунок 16), цена 450 рублей, производитель Россия. Производитель заявляет о надежности торможения, о наименьшем износе тормозного диска, а также о хороших тормозных свойствах. Продукция отвечает международным правилам и стандартам.



Рисунок 16 – Тормозные колодки AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA

Третий комплект колодок БЕКО (рисунок 17), цена 300 рублей, производитель Россия (Тольятти). Производитель заявляет о хороших тормозных свойствах, низком износе фрикционного материала. Продукция отвечает международным правилам и стандартам.



Рисунок 17 – Тормозные колодки БЕКО

Четвертый комплект колодок Allied Nippon (рисунок 18), цена 480 рублей, производитель Япония. Производитель заявляет, что передние колодки от компании Allied Nippon изготовлены из материалов повышенной прочности. Изделия помогают сделать работу тормозной системы автомобиля более стабильной и качественной. Колодки созданы в соответствии с нормами государственных стандартов. Перед тем как попасть на рынок, они проходят строгие тесты, которые не допускают поступления в продажу неисправных запчастей.



Рисунок 18 – Тормозные колодки Allied Nippon

Пятый комплект колодок LADA (рисунок 19), цена 500 рублей, Производитель Тольяти. Производитель заявляет в первую очередь на долговечность данных колодок, гарантирует наименьший износ тормозного диска. Также хорошие тормозные свойства при повышенных температурах. Данные колодки соответствуют всем стандартам.



Рисунок 19 – Тормозные колодки LADA

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.145.0000 ПЗ

Лист

40

3.4 Методика проведения эксперимента

Эксперименты проводились на машине трения ИИ5018. Узел трения содержит диск, изготовленный из высокопрочного металла, установленный на нижний вал машины трения. Колодка имеет размер рабочей поверхности 20×10 мм и закреплена в державке. Нагрузку на колодку задается с помощью рычага и устройства нагружения машины трения. Термопара вставлена в высверленное отверстие в образце.

3.5 Обоснование условий испытаний

В качестве исходных данных был использован легковой автомобиль Лада Калина 2.

Нам нужно обеспечить такие условия, при которых работают тормозные колодки в тормозном механизме. Для этого посчитаем нагрузку, с которой тормозные колодки прижимаются к тормозному диску, и угловую скорость вращения колеса. Эти расчеты будут эквивалентны движению автомобиля на скорости 40 км/ч^2 . Использовали такую скорость, потому что эта средняя скорость езды в городе.

$$V_{a/m} = 40 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 11,111 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

Радиус колеса автомобиля использован из исходных данных $R_k = 0,2915 \text{ м}$.

Рассчитываем угловую скорость колеса:

$$\omega_k = \frac{V_a}{2\pi \cdot R_k} \quad (1)$$

$$\omega_k = \frac{11,111}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2915} = 6,066 \left(\frac{1}{\text{с}} \right)$$

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.00.00 ПЗ				

Диаметр тормозного диска составляет 260мм. = 0,26м.

$$r_{\partial} = \frac{0,26}{2} = 0,11 \text{ (м)}$$

Рассчитываем линейную скорость колеса:

$$V_k = \omega_k \cdot 2\pi \cdot r_{\partial} \quad (2)$$

$$V_k = 6,066 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,11 = 4,19 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Исходя из этих данных, мы может посчитать линейную скорость вращения ролика машины трения ИИ5018, радиус ролика равен 0,045 м.

$$\omega_0 = \frac{V_k}{2\pi \cdot r_0} \quad (3)$$

$$\omega_0 = \frac{4,19}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,045} = 14,83 \frac{1}{\text{с}} = 890 \left(\frac{\text{об}}{\text{м}}\right)$$

Расчет силы передаваемой тормозными колодками на диск

Максимально создаваемое давление главного тормозного цилиндра составляет $20 \cdot 10^6$ Па.

Рабочее давление главного тормозного цилиндра принимает за $5 \cdot 10^6$ Па.

Диаметр рабочего цилиндра равен 48 мм. = 0,0048 м.

Площадь рабочего цилиндра (дискового) найдем по формуле:

$$S_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4} \quad (4)$$

$$S_{\psi} = \frac{3,14 \cdot 0,0048^2}{4} = 1808 \cdot 10^{-6} (m^2)$$

Сила, с помощью которой тормозная колодка давит на диск:

$$F_k = P_{\psi} \cdot S_{\psi} \quad (5)$$

$$F_k = (1808 \cdot 10^{-6}) \cdot (5 \cdot 10^6) = 9040 (H)$$

Площадь тормозной колодки равна $0,00365 m^2$

Далее рассчитываем давление колодки на диск:

$$P_{k\delta} = \frac{F_k}{S_k} \quad (6)$$

$$P_{k\delta} = \frac{9040}{0,00365} = 2477 (Mna)$$

После этих расчётов мы можем рассчитать необходимую силу для испытаний, площадь образца тормозной колодки составляет $0,0002 m^2$, значит:

$$F_0 = P_{k\delta} \cdot S_0 \quad (7)$$

$$F_0 = 2477 \cdot 0,0002 = 495 (H)$$

Данный экспериментальный метод является быстрым, но не совсем точным, с помощью него можно сравнить коэффициенты трения тормозных колодок. Для полной точности эксперимента требуется использовать тормозной диск.

Нужно помнить о контролируемых параметрах. В данном методе контролировалась 2 параметра, это скорость вала машины трения, и сила

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

прижатия колодки на ролик. Также следить за разрушением образцов, чтобы пятно контакта у всех испытаний были одинаковые.

3.6 Подготовка образцов

Для проведения испытаний потребовались образцы, которые плотно встанут в державку. Было принято вырезать по 1 образцу из каждого комплекта тормозных колодок. С помощью инструмента подготовили образцы с размерами 20×10 мм., после этого образцы вставили в державку и опустили на ролик и приработали с помощью мелкозернистой наждачной бумаги для большего пятна контакта с рабочей поверхностью. Необходимо просверлить небольшое, сквозное отверстие для установки термопары. Устанавливаем термопару в отверстие и закрепляем ее.

3.7 Порядок проведения испытания

Включаем машину трения, запускаем ПК. Включаем водяное охлаждение. Устанавливаем образец в державку, хорошо затягиваем. Затем устанавливаем термопару, и подключаем ее к сети. После этого необходимо обезжирить рабочую поверхность ролика. Это делается для того чтобы удалить все жировые микропленки. Образец опускаем на ролик. В компьютере настраиваем испытание, задаем постоянную скорость вала. Запускаем машину трения и задаем нагрузку. Постоянно следим за нагрузкой, из-за износа образца нагрузка может меняться. Замеры производим в диапазоне от 50°C до 200°C с шагом в 10°C . Т.е. в ходе испытания измеряем момент трения через каждые 10°C . Испытания проводились 3 раза на каждый образец.

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

3.8 Результаты испытаний

В ходе испытаний комплекты колодок FERODO и БЕКО выдержали нагрев до 200°C, а тормозные колодки ADR нагрелись всего до 160°C и показали при этой температуре очень плохой момент трения в сравнении с другими комплектами, это значит что при повышенной температуре данные колодки имеют малую эффективность торможения. Результаты испытаний приведены в таблицах 3,4,5,6,7.

Таблица – 3, первый комплект колодок FERODO:

FERODO	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Ср знач.	μ
$T, ^\circ\text{C}$	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	
50	5,07	6,40	6,30	5,92	0,27
60	5,70	7,00	6,80	6,50	0,29
70	6,40	8,20	8,00	7,53	0,34
80	7,37	8,70	7,68	7,92	0,36
90	7,80	8,80	7,80	8,13	0,37
100	8,02	9,07	7,70	8,26	0,37
110	8,40	8,80	7,90	8,37	0,38
120	8,50	9,00	7,50	8,33	0,37
130	8,40	9,00	8,00	8,47	0,38
140	8,10	8,40	8,23	8,24	0,37
150	7,80	8,30	8,10	8,07	0,36
160	7,90	8,00	8,70	8,20	0,37
170	8,20	7,60	8,50	8,10	0,36
180	8,00	6,60	8,90	7,83	0,35
190	7,70	6,40	8,70	7,60	0,34
200	6,90	6,20	8,40	7,17	0,32

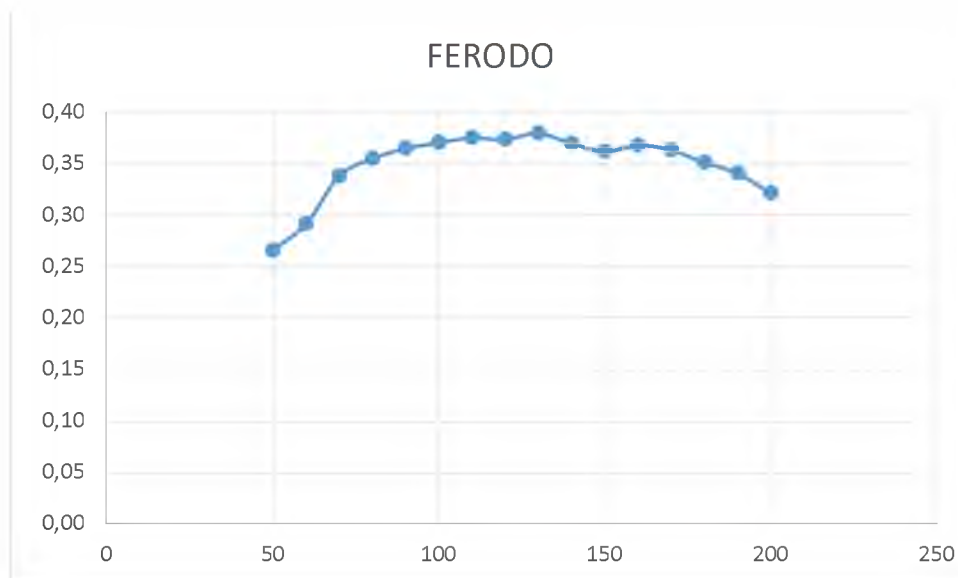


Рисунок 20 – зависимость коэффициента трения от температуры

Таблица 4 – второй комплект колодок ADR:

ADR	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Ср знач.	
$T, ^\circ\text{C}$	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	μ
50	6,00	4,69	5,35	5,35	0,24
60	6,03	5,00	5,47	5,50	0,25
70	6,07	5,50	6,30	5,96	0,27
80	5,95	5,25	6,28	5,83	0,26
90	5,85	5,40	5,90	5,72	0,26
100	5,70	5,60	6,20	5,83	0,26
110	5,50	5,00	6,10	5,53	0,25
120	5,30	4,12	5,55	4,99	0,22
130	5,10	2,90	4,95	4,32	0,19
140	5,10		4,30	4,70	0,21
150	5,05			5,05	0,23
160	4,00			4,00	0,18

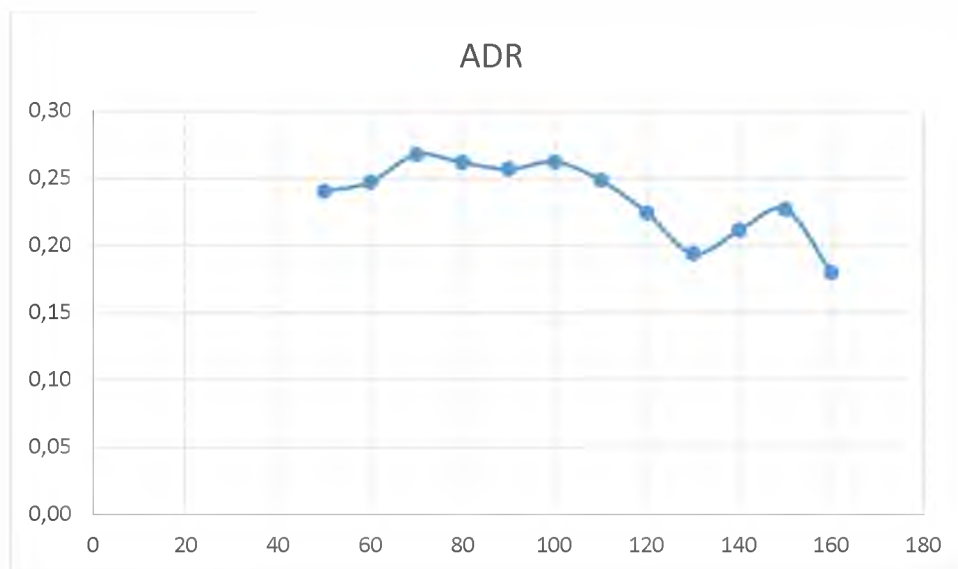


Рисунок 21 – зависимость коэффициента трения от температуры

Таблица 5 – третий комплект колодок ВЕКО:

ВЕКО	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Ср знач.	μ
$T, ^\circ\text{C}$	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	
50	4,07	4,70	4,70	4,49	0,20
60	4,70	5,70	5,50	5,30	0,24
70	5,12	6,20	6,00	5,77	0,26
80	5,36	6,50	6,40	6,09	0,27
90	5,50	6,70	6,50	6,23	0,28
100	5,65	6,75	6,50	6,30	0,28
110	5,75	6,70	6,45	6,30	0,28
120	5,95	6,70	6,50	6,38	0,29
130	6,26	6,80	6,60	6,55	0,29
140	6,47	6,95	7,10	6,84	0,31
150	6,78	7,10	7,10	6,99	0,31
160	7,00	6,95	7,10	7,02	0,32
170	7,05	6,70	7,15	6,97	0,31
180	6,85	6,50	7,00	6,78	0,30
190	6,45	6,30	6,75	6,50	0,29
200	5,75	6,15	6,50	6,13	0,28

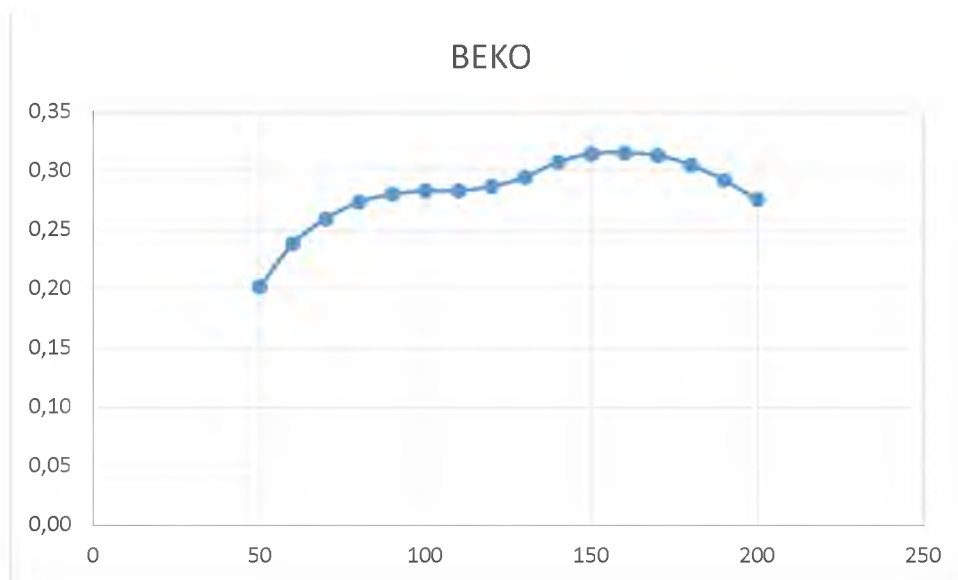


Рисунок 22 – зависимость коэффициента трения от температуры

Таблица 6 – четвертый комплект колодок Allied Nippon:

Allied	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Ср знач.	μ
$T, ^\circ\text{C}$	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	M_{tr}	
50	4,50	4,05	4,86	4,47	0,20
60	4,70	4,92	5,10	4,91	0,22
70	5,12	5,24	5,37	5,24	0,24
80	5,41	5,45	5,40	5,42	0,24
90	5,40	5,60	5,48	5,49	0,25
100	5,60	5,90	6,00	5,83	0,26
110	6,30	6,10	6,42	6,27	0,28
120	5,90	6,30	6,54	6,25	0,28
130	5,85	6,31	6,69	6,28	0,28
140	5,90	6,35	6,61	6,29	0,28
150	6,00	6,40	6,79	6,40	0,29
160	6,10	6,44	6,81	6,45	0,29
170	5,95	6,30	6,90	6,38	0,29
180	5,50	6,10	6,75	6,12	0,27
190	5,40	5,90	6,40	5,90	0,26
200	5,35	5,60	6,00	5,65	0,25

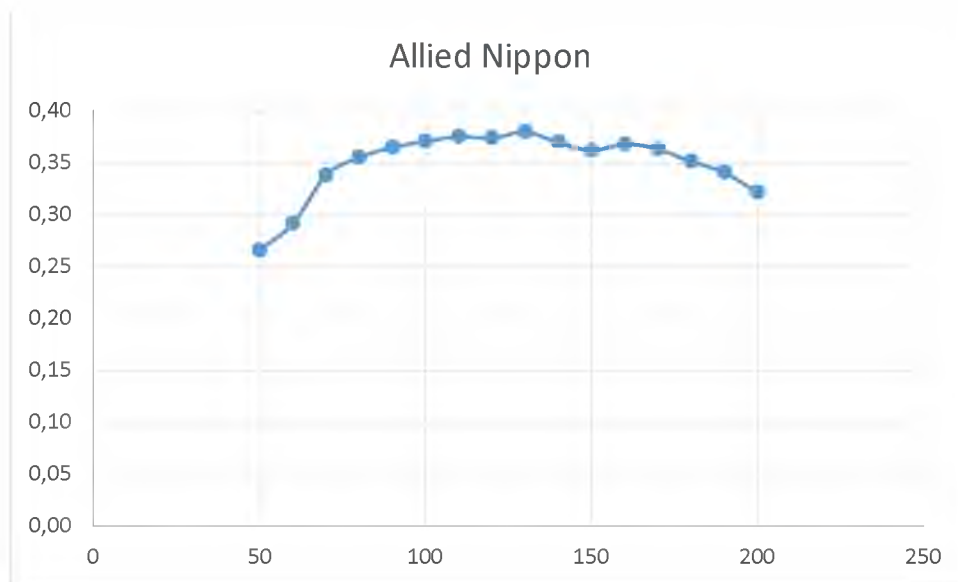


Рисунок 23 – зависимость коэффициента трения от температуры

Таблица 7 – пятый комплект колодок LADA:

LADA	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Ср знач.	μ
T, °C	M _{tr}	M _{tr}	M _{tr}	M _{tr}	
50	5,00	4,90	5,10	5,00	0,22
60	5,42	4,90	5,20	5,17	0,23
70	5,75	5,35	5,45	5,52	0,25
80	5,95	7,30	6,80	6,68	0,30
90	6,23	7,70	6,90	6,94	0,31
100	6,80	8,00	7,40	7,40	0,33
110	7,40	8,10	7,90	7,80	0,35
120	7,60	8,70	8,40	8,23	0,37
130	7,40	8,65	8,50	8,18	0,37
140	6,90	8,65	7,90	7,82	0,35
150	6,40	8,60	7,65	7,55	0,34
160	6,50	9,00	8,20	7,90	0,35
170	6,60	8,90	7,90	7,80	0,35
180	6,40	7,90	7,70	7,33	0,33
190	6,40	7,20	7,00	6,87	0,31
200	6,40	7,00	6,80	6,73	0,30

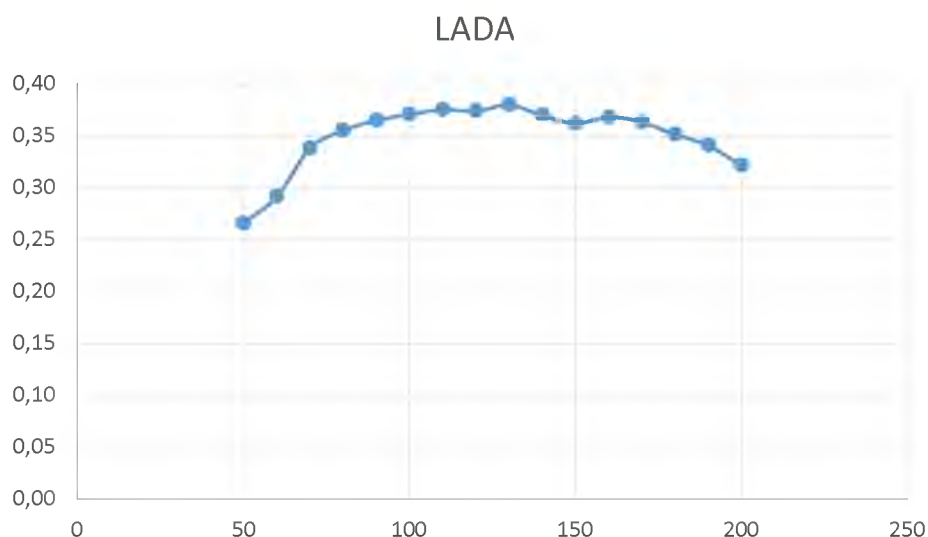


Рисунок 24 – Зависимость коэффициента трения от температуры

3.9 Выводы по испытаниям

Сравнив эксплуатационные характеристики комплектов тормозных колодок, а именно:

- FERODO
- ADR
- БЕКО
- Allied Nippon
- Lada

Можно сделать вывод, о том, что наихудшим комплектом является тормозные колодки фирмы AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA (ADR). Данные тормозные колодки показали наименьший коэффициент трения, при испытании нагревались не до максимальной температуры которую хотели получить, а всего до 160°C. Также наблюдались небольшие разрушения на плоскости образца.

Испытав тормозные колодки фирмы FERODO, можно сделать вывод о подтверждении, качества которое заявляет производитель, о хороших тормозных свойствах даже при повышенных температурах. При подготовке образца не возникло сложностей, фрикционный материал надежно приклеен к металлической пластике, это большой плюс при экстренном торможении. После проведения

испытаний плоскость образца не нарушена. Является фаворитом испытаний по сравнению с другими комплектами.

Следующий комплект колодок был фирмы ВЕКО, это были самые бюджетные колодки, подобранные для испытаний. Производитель заявляет о наименьшем износе фрикционного материала, и о хороших тормозных свойствах. После проведения испытаний рабочая поверхность образца была нарушена, а это значит, что материал при повышенной нагрузке начал разрушаться, коэффициент трения на протяжении испытаний был стабилен, колодки выдержали нагрев до 200°C.

Тормозные колодки Японской фирмы Allied Nippon. С этими тормозными колодками возникла проблема изначально при подготовке образца. Фрикционный материал плохо приклеен к металлической пластине, а это значит, что при экстренном торможении фрикционный материал может оторваться от пластины. Во время испытаний образец выдержал температурный нагрев до 200°C, коэффициент трения был стабилен. Плоскость образца была не нарушена.

Последним комплектом для испытаний был комплект колодок фирмы LADA. При подготовке образца была большая проблема, множество образцов раскалывалось, фрикционный материал постоянно отклеивался от пластины. При испытании образец выдержал температуру до 200°C, коэффициент трения был сравнительно одинаковый с комплектом тормозных колодок фирмы FERODO. Но невозможно эти колодки вывести в фавориты, из-за одной причины. Это плохое соединение фрикционного материала и пластины.

Подведя итоги можно сказать, что среди бюджетных колодок до 500 рублей, наилучшие тормозные свойства, наименьший износ фрикционного материала, и отличное склеивание материала и пластины являются тормозные колодки фирмы FERODO. Наихудшими оказались колодки Российского производства фирмы AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA.

										Лист
										51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ					

4 Указание мер безопасности при работе с машиной трения ИИ5018

1. Запрещается работать на машине лицам, незнакомым с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации данной машины.
2. Видами опасности при работе на машине является:
Поражающее действие электрического тока;
Воздействие подвижных элементов.
Остальные виды опасности (вредности): чрезмерный шум, вибрация, взрыв, пыль и т.д. – на машине отсутствуют.
3. Источниками видов опасности на машине являются: токоведущие части электрооборудования, находящиеся под напряжением; подвижные части
4. Основные требования и необходимые меры для обеспечения безопасности работающих на машине:
5. Все токоведущие элементы электрооборудования должны быть изолированы от корпуса машины и иметь необходимую величину сопротивления изоляции;
6. Все металлические корпуса электрических аппаратов и панелей должны быть соединены с корпусом машины;
7. На корпусе машины и пульта управления должны быть установлены: болты заземления для подсоединения линии защитного заземления;
8. Все открытые токоведущие части электрооборудования должны быть закрыты ограждениями;
9. Все движущиеся части должны быть ограждениями;
10. Заменять образцы следует только после остывания их до температуры окружающей среды;
11. Не следует проводить никакие работы на машине при включенном электродвигателе привода;
12. Запрещается работать в режиме, когда момент трения превышает предельное значение диапазона.

					<i>23.03.03.2019.145.0000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

13. Проверку прочности электрической изоляции производить при помощи мегомметра.

Проверку производить при отключенной от сети машины.

Перед проверкой прочности электрической изоляции необходим:

Включить выключатель «сеть» на лицевой панели машины;

На силовой панели отсоединить провод No 220 от зажима на трансформаторе Т1, провода L21 и L31 от зажимов клеммника Х2.

Порядок проверки следующий:

- Оба зажима мегомметра поочередно подсоединять к выводам В и С сетевой вилки Х1;

- При приложении напряжения мегомметра 1000 В, в течении 1 мин не должно быть пробоя изоляции между проводами.

14. Проверку сопротивления электрической изоляции производить при помощи мегомметра М 4100/4 на 1000 В ТУ 25-04. 2131-78 аналогично изложенному в паспорте. Сопротивление электрической изоляции цепей должно быть не менее 20 Мом.

4.1 Основные требования пожарной безопасности для лабораторий кафедры АТиСА

15. Курение табака и пользование открытым огнем запрещено.

16. В помещениях, предназначенных для проведения опытов(экспериментов) с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, допускается их хранение в количествах, не превышающих сменную потребность, в соответствии с нормами потребления для конкретных установок. Доставка указанных жидкостей в помещения производится в закрытой таре.

17. Запрещается проводить работы в вытяжном шкафу, если в нем находятся вещества, материалы и оборудование, не относящиеся к выполняемым операциям, а также при его неисправности и отключенной системы вентиляции.

18. Руководитель работ по окончанию рабочего дня организует сбор в специальную закрытую тару и удаление из лаборатории для дальнейшей утилизации отработанных легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

									Лист
									53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

19. После окончания экспериментальных исследований обеспечивается промывка пожаробезопасными растворами сосудов, в которых проводились работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

20. Запрещается увеличивать по отношению к количеству, предусмотренному проектом, по которому построено здание, число парт(столов) в учебных классах и кабинетах.

21. В лабораториях и других производственных объектах технологические процессы проводятся в соответствии с регламентами, правилами технической эксплуатации и другой утвержденной в установленном порядке нормативно-технической и эксплуатационной документацией, а оборудование, предназначенное для использования пожароопасных и пожаровзрывоопасных веществ и материалов, должно соответствовать конструкторской документации.

						<i>Лист</i>
						54
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

23.03.03.2019.145.0000 ПЗ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

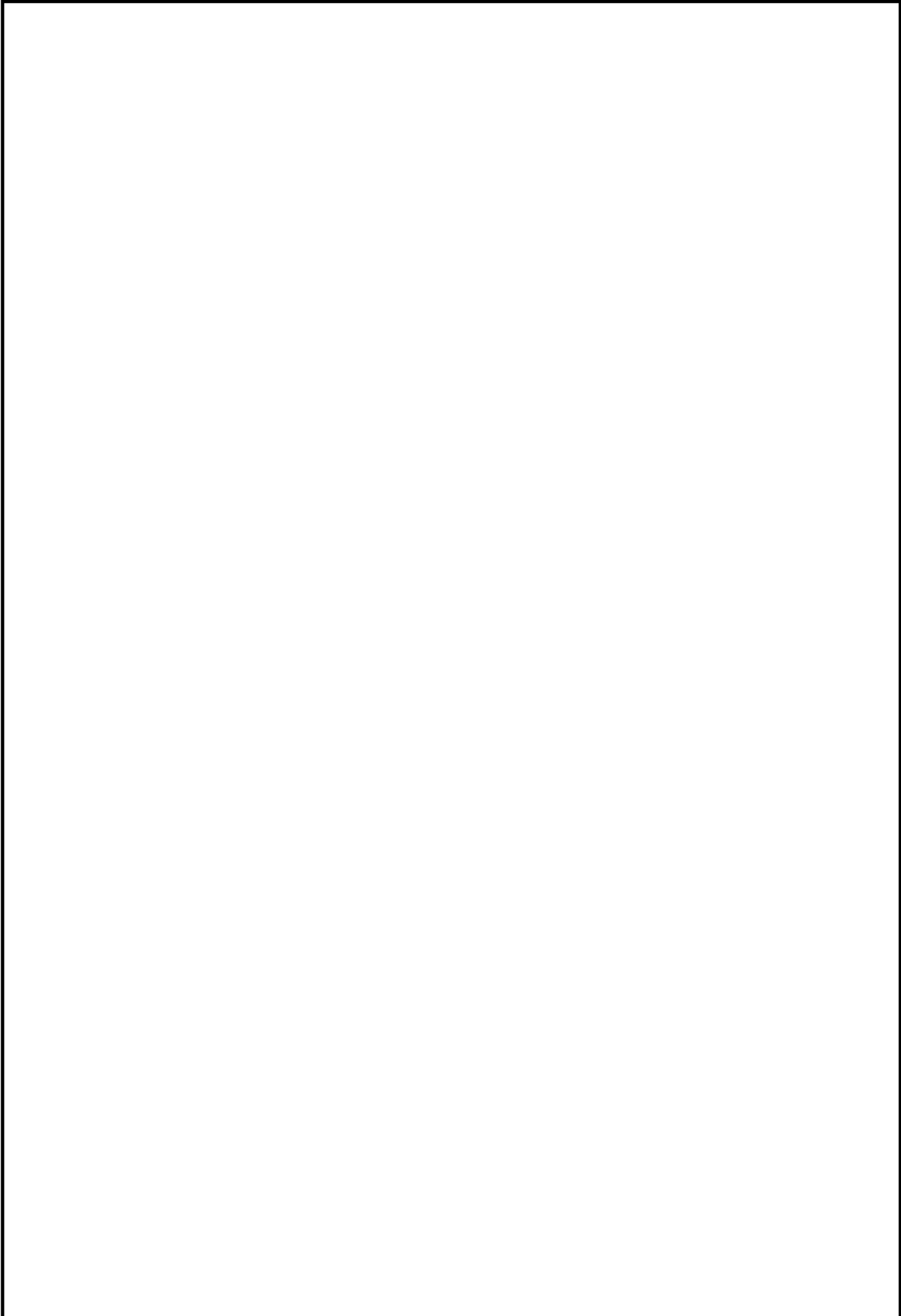
В ходе выполнения работы была разработана методика лабораторных испытаний тормозных колодок с помощью машины трения ИИ5018, позволяющая с минимальными затратами и времени труда провести сравнительные испытания тормозных колодок. Методика позволяет испытать тормозные колодки на коэффициент трения, стабильность коэффициента трения, на термостабильность. Эти характеристики позволяют судить о эффективности торможения и стабильность торможения при затяжных спусках, а также при экстренном торможении. Были провидены испытания для пяти комплектов тормозных колодок: FERODO, AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA, LADA, ALLIED NIPPON, БЕКО. Проанализировав результаты можно сделать выводы о том, что рекомендуется использование колодок фирмы FERODO (Британия) и LADA (Россия) так как они показали хорошие тормозные свойства, а именно стабильность коэффициента трения от различных температур. Тормозные колодки AUTOMOBILE DETAILS RUSSIA Российского производства показали наихудший результат, они не выдержали нагрев до 200°C и показали наименьший коэффициент трения, а также плохо приклеен фрикционный материал к пластине. Данную методику следует усовершенствовать, можно провести испытания с тормозным диском, а не с роликом, таким образом будут более точные результаты. Стоит проводить исследования с жидкостью так как, тормозные колодки эксплуатируются в сухую погоду, а также в дождь, либо зимний период со снегом, то есть проверить тормозные свойства в разных эксплуатационных средах. Коэффициент трения должен быть стабильным в любой эксплуатационной среде.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.145.0000 ПЗ				

БИЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боровских Ю.И., Буралев Ю.В. Устройство и техническое обслуживание автомобилей М.: Высшая школа, 2004.
2. Кузнецов Н.А., Итинская Н.И. Автомобильные эксплуатационные материалы. М.: Высшая школа, 2003.
3. Якубовский Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды: Пер. с пол. - М.: Транспорт, 2005.
4. Состав тормозных колодок: конструкция и нагрузки
<https://avtonov.info/sostav-tormoznyh-kolodok>
5. Барабанный тормоз
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B7
6. Дисковые и барабанные тормоза
http://spokoino.ru/articles/ustroistvo_avto/tormoza/
7. Колодки тормозные дисковые Lada (ВАЗ)
<https://trially.ru/catalogue/tormoznaya-sistema/kolodki-tormoznye-diskovye/lada-vaz/>
8. Автомобили и автозапчасти «сертификация автомобильных колодок»
<http://www.testprom.ru/artprod/avtomobili-i-avtozapchasti/sertifikatsiya-avtomobilnih-kolodok>
9. (Докипедия: ГОСТ Р 50507-93 Изделия фрикционные тормозные. Общие технические требования)
https://dikipedia.ru/document/5138755?pid=14&scroll_to=507f910cbc5873013a00000d
10. Тормозная система. <http://systemsauto.ru/brake/brake.html>

					<i>23.03.03.2019.145.0000 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



					<i>23.03.03.2019.145.0000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>57</i>