

В. А. Балакин, В. П. Сергиенко ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ТОРМОЗОВ

В. А. БАЛАКИН
В. П. СЕРГИЕНКО

ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ
ТОРМОЗОВ
И УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Гомель 1999

СОДЕРЖАНИЕ

34.413
Б 20
УДК 621.3.048:678.5.066

Б 20

ББК 34.41

Книга рекомендована к изданию Учёным советом Института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси.

Рецензенты профессор, доктор технических наук
Б. И. Купчинов
профессор, доктор технических наук
А. С. Шагинян

Балакин В. А., Сергиенко В. П.

Б 20 Тепловые расчеты тормозов и узлов трения. – Гомель:
ИММС НАНБ, 1999. – 220 с., ил. 51
ISBN 985-6477-08-5.

Изложены общие теоретические основы тепловых расчетов узлов трения. С единых теоретических позиций обобщены имеющиеся литературные данные и результаты исследований авторов в области тепловых расчетов тормозов, создания и применения фрикционных композитов. Приведены примеры расчетов температур и средних температурных полей в элементах тормозов автотранспортных средств и сельхозмашин.

Книга содержит справочные сведения о физико-механических и теплофизических свойствах фрикционных материалов, предназначенных для работы в узлах сухого трения, конструкциях тормозных устройств и тепловых режимах их работы. Рассмотрены технические преимущества безасбестовых фрикционных материалов с полимерной матрицей перед другими, экономическая и технологическая целесообразность их применения.

Предназначена для научных и инженерно-технических работников, работающих в области машиностроения, а также будет полезна студентам и аспирантам, изучающим проблемы трения, износа и теплофизики.

Табл. 56. Ил. 51. Библиогр.: 112 назв.

ISBN 985-6477-08-5

© В. А. Балакин, В. П. Сергиенко, 1999

0233468
ДУ "Сетка публичных
бібліятэк горада
Гомеля"

Предисловие.....	6
1. КОНСТРУКЦИИ ФРИКЦИОННЫХ ТОРМОЗОВ И ПРИНЦИП ИХ ДЕЙСТВИЯ.....	8
1.1. Дисковые тормоза.....	8
1.2. Дисково-колодочные тормоза.....	13
1.3. Колодочные тормоза.....	17
1.4. Ленточные и ленточно-колодочные тормоза.....	24
2. ФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	27
2.1. Историческая справка.....	27
2.2. Общие сведения о фрикционных материалах для тормозных устройств.....	32
2.3. Тепловые режимы фрикционных пар тормозов.....	42
2.4. Фрикционные асбонаполненные материалы.....	51
2.5. Металлокерамические фрикционные материалы.....	59
2.6. Углеродные фрикционные композиционные материалы.....	63
2.7. Безасбестовые фрикционные материалы с полимерной матрицей.....	65
3. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ФРИКЦИОННОГО ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ И ТЕПЛОПЕРЕНОСА НА СКОЛЬЗЯЩЕМ КОНТАКТЕ.....	77
3.1. Теплообразование в зоне фрикционного контакта.....	77
3.2. Расчет интенсивности фрикционного тепловыделения.....	78
3.3. Тепловые схемы.....	83
3.4. Экспериментальные методы исследований процессов теплопереноса.....	88
3.5. Тепловая нагруженность высокоскоростных и тяжело нагруженных узлов трения.....	90
4. ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕОРИИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.....	95
4.1. Уравнение теплопроводности.....	95
4.2. Полуограниченное тело.....	96
4.3. Неограниченная теплоизолированная со стороны $z_1 = h_1$ пластина, нагреваемая постоянным тепловым потоком.....	97
4.4. Неограниченная теплоизолированная со стороны $z_1 = h_1$ пластина, нагреваемая тепловым потоком $q_1 = kt$	99

4.5. Неограниченная теплоизолированная со стороны $z_1 = h_1$ пластина, нагреваемая тепловым потоком $q_1 = mt^{1/2}$	100
4.6. Неограниченная пластина, нагреваемая со стороны $z_1 = 0$ тепловым потоком $q_1 = \text{const}$, с теплоотдачей $\alpha'' = \text{const}$ со стороны $z_1 = h_1$ в окружающую среду	102
4.7. Нагретая неограниченная пластина толщиной $2h_2$ с начальной температурой ϑ_0 , в обе стороны которой направлен конвективный тепловой поток с $\alpha' = \alpha'' = \text{const}$	104
5. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗОНЕ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА ТРУЩИХСЯ ПАР ТОРМОЗОВ	109
5.1. Расчет толщины теплового слоя	109
5.2. Распределение тепловых потоков между трущимися телами	111
5.3. Применение точных решений теории теплопроводности и метода суперпозиции в тепловых расчетах тормозов	114
6. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ ОПЛАВЛЕНИЯ ТРУЩИХСЯ ПАР ОТ ФРИКЦИОННОГО НАГРЕВА	122
6.1. Выбор тепловых схем и граничных условий	122
6.2. Точные методы расчета процессов оплавления	126
6.2.1. Фрикционный нагрев полуограниченного тела постоянным тепловым потоком	126
6.2.2. Фрикционный нагрев неограниченной пластины постоянным тепловым потоком	128
6.3. Приближенные методы расчета процессов оплавления	130
6.4. Пример расчета процесса плавления ползуна	137
7. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ОПЛАВЛЕНИИ ТЕЛ В ЗОНЕ ФРИКЦИОННОГО КОНТАКТА	139
7.1. Гидродинамические процессы в условиях плавления ползуна	140
7.2. Гидродинамические процессы в условиях плавления контртела	145
7.3. Несущая способность пленки расплава и расчет сил трения	148
7.3.1. Расчет толщины пленки расплава	148
7.3.2. Уравнение Рейнольдса и несущая способность пленки расплава	150
7.3.3. Расчет сил трения	152
7.4. Пример расчета гидродинамических эффектов	152

8. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ	157
8.1. Анализ условий работы тормозов автомобилей	157
8.2. Конструкции фрикционных накладок	166
8.3. Расчет температур в дисково-колодочных со сплошным диском тормозах легковых автомобилей	171
8.3.1. Расчет средней температуры поверхности трения в тормозе передних колес автомобиля ВАЗ-2106	172
8.3.2. Расчет средней температуры поверхности трения в тормозе передних колес автомобиля Audi 100	175
8.4. Расчет температур в дисково-колодочных с вентилируемыми дисками тормозах легковых автомобилей	177
8.4.1. Расчет температур в вентилируемом тормозе автомобиля Audi 100	178
8.4.2. Расчет процесса конвективного охлаждения вентилируемого диска тормоза автомобиля Audi 100	180
8.5. Расчет температур в барабанных тормозах автомобилей	180
8.5.1. Расчет температур в тормозе автомобиля ВАЗ-2106	180
8.5.2. Расчет температур в тормозе автомобиля БелАЗ-7540	183
9. ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ТОРМОЗОВ ТРАКТОРОВ И СЕЛЬХОЗМАШИН	185
9.1. Расчет тормоза трактора	185
9.1. Расчет тормоза универсального энергетического средства УЭС-250	189
9.3. Тепловой расчет тормоза кормоуборочного комбайна КСК-100	191
9.4. Расчет нормальной нагрузки и давления фрикционных элементов на контртело	193
10. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ФРИКЦИОННУЮ ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ	195
10.1. Лабораторные методы испытаний	195
10.2. Стендовые методы испытаний	199
10.3. Натурные испытания	205
Заключение	207
Список обозначений	209
Литература	212

ПРЕДИСЛОВИЕ

Многие узлы трения, например, тормоза, работают в режиме весьма высоких объемных температур. Такие режимы работы являются наиболее тяжелыми и неблагоприятными для трущихся тел. В этом случае температура вспышки при трении имеет меньшее значение, чем объемная, а расчеты среднеповерхностных и объемных температур являются определяющими при оценке теплового режима трения.

Настоящая книга рассматривает проблемы тепловой динамики фрикционного контакта в инженерно-физическом аспекте, а именно с позиций инженерной теории теплового расчета тормозов и узлов трения. В основу теории положено использование точных решений одномерного линейного уравнения Фурье теории теплопроводности в совокупности с принципом суперпозиции. Трущиеся тела принимаются как полуограниченные, либо как неограниченные пластины. Распределение теплоты на фрикционном контакте определяется из условия равенства средних температур поверхностей трения обоих тел. Тепловые схемы тормозов учитывают теплоотдачу в окружающую среду. Интенсивность фрикционного тепловыделения определяется закономерностями изменения силы трения и скорости скольжения от времени, которые считаются известными.

Приведены примеры теплового расчета дисковых, дисково-колодочных и колодочных (барабанных) тормозов автотранспортных средств и сельхозмашин. Проанализирована эффективность различных конструкций тормозных систем. Показаны преимущества дисково-колодочного «вентилируемого» тормоза, акцентируется внимание на недостатках тормозов барабанного типа.

Особое место отводится главам 6 и 7, в которых сформулирована и решена задача об оплавлении твердых тел при трении, а также о возникающих при этом гидродинамических эффектах. Выведены формулы для расчета скорости оплавления, интенсивности изнашивания, толщины расплавленной пленки и ее несущей способности.

Книга содержит сведения о фрикционных материалах, методах испытаний материалов на фрикционную теплоустойчивость, конструкциях тормозов и фрикционных накладок. В ней затронуты некоторые вопросы оптимизации структуры фрикционных композитов, обозначены и предложены решения ряда материаловедческих задач трибологии фрикционных материалов.

В монографии обобщен теоретический и экспериментальный опыт лаборатории фрикционного материаловедения Института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАНБ, приобретенный в содружестве с Гомельским техническим университетом им. П. О. Сухого и промышленными предприятиями. Поэтому рассмотренные в ней вопросы имеют как теоретическое, так и прикладное значение. Внедрение и использование ряда рекомендаций и результатов исследований, изложенных в книге, будет способствовать улучшению качества фрикционных материалов и тормозных устройств машин, повышению их эффективности, долговечности и безопасности.

Авторы не претендуют на исчерпывающее изложение проблем теплового расчета трущихся пар. В основу книги положены преимущественно модели и методы, в разработке которых авторы принимали непосредственное участие. В ней не рассматриваются, в частности, вопросы расчета максимальных контактных температур, температур вспышек, вопросы отказа тормозов и т. д.

Все замечания и предложения читателей по существу затронутых в книге вопросов авторы примут с благодарностью.

Глава 1 1 КОНСТРУКЦИИ ФРИКЦИОННЫХ ТОРМОЗОВ И ПРИНЦИП ИХ ДЕЙСТВИЯ

Фрикционный тормоз предназначен для остановки, регулирования скорости или удержания на месте транспортной машины.

Эффективное действие тормозов повышает безопасность движения и позволяет увеличить средние скорости и грузоподъемность транспортных машин. В процессе торможения кинетическая энергия поступательно движущихся и вращающихся масс преобразуется тормозным устройством в теплоту, рассеиваемую в окружающую среду.

Рассмотрим основные схемы и конструкции тормозов тракторов, сельхозмашин, автомобилей, самолетов и железнодорожного подвижного состава.

Наибольшее распространение получили дисковые, дисково-колодочные, колодочные, ленточно-колодочные и ленточные тормоза.

1.1. Дисковые тормоза

Ведущие оси задних мостов тракторов Минского тракторного завода (МТЗ) оборудованы дисковыми тормозами, конструкция одного из которых изображена на рис. 1.

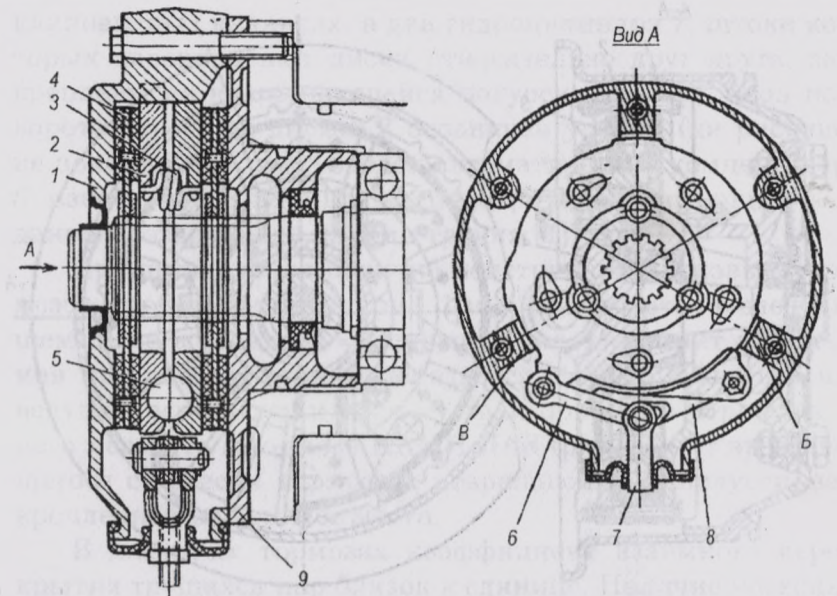


Рис. 1. Дисковый тормоз трактора МТЗ-80: 1 – корпус тормоза; 2 – нажимной диск; 3 – пружина; 4 – тормозной диск с фрикционными накладками; 5 – шарик; 6 – тяга; 7 – вилка; 8 – тяга; 9 – крышка заднего моста

Включение тормоза осуществляется с помощью вилки 7 и тяг 6 и 8, которые поворачивают друг относительно друга нажимные диски 2. При этом шарики 5, перемещаясь по наклонным поверхностям клиновидных канавок, раздвигают нажимные диски, расклинивая их и прижимая к поверхностям трения корпусов тормоза 1 и заднего моста 9. Тормозные диски 4 с помощью шлицов закреплены на оси колеса. Под действием момента сил трения нажимные диски поворачиваются в направлении вращения колеса до упора одного из них в выступ Б или В корпуса.

Использование шариков, расположенных в канавках нажимных дисков, позволяет создавать нормальные нагрузки на фрикционном контакте, превышающие в 1,5–2,5 раза приводное усилие.

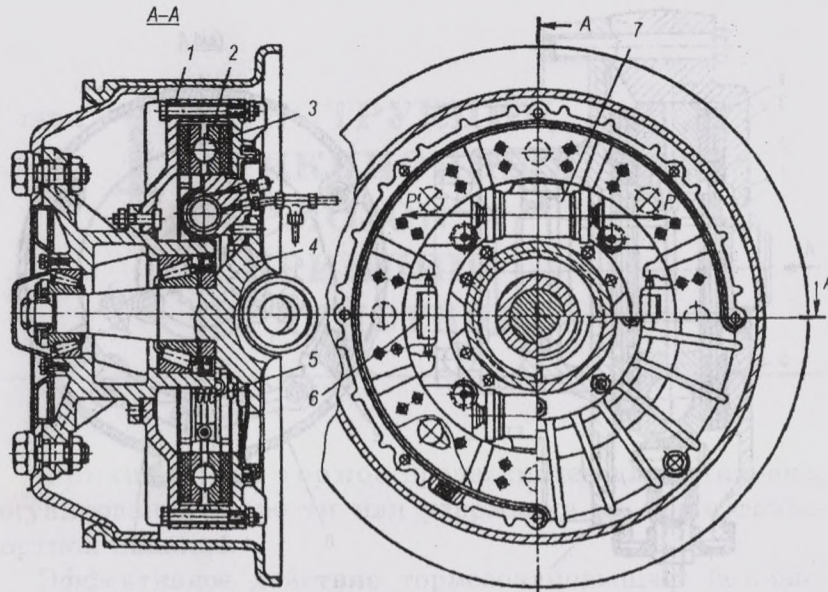


Рис. 2. Дисковый тормоз НАМИ-ЛАЗ: 1 – корпус; 2 – нажимной диск; 3 – шарик; 4 – невращающаяся полуось колеса; 5 – пружина; 6 – автоматический компенсатор износа фрикционных накладок; 7 – гидроцилиндр

Отключение тормоза происходит путем снятия осевого усилия с вилки 7 и возвращения нажимных дисков 2 посредством пружины растяжения 3 в исходное состояние.

Аналогичными по конструкции дисковыми тормозами оборудованы трактора «Беларусь» (МТЗ-50/52, МТЗ-100/102), а также универсальное энергетическое средство УЭС-250 «Полесье», выпускаемое производственным объединением «Гомсельмаш». Они отличаются лишь размерами тормозных дисков.

В качестве приводного устройства дисковых тормозов используют гидро- или пневмоцилиндр, реже механическую рычажную систему (например, в мини-тракторе АМЖК-8).

В тормозе НАМИ-ЛАЗ (рис. 2) нажимные диски 2, стягиваемые четырьмя пружинами 5, удерживают шарики 3 в

клиновидных канавках, а два гидроцилиндра 7, штоки которых поворачивают диски относительно друг друга, закреплены на невращающейся полуоси 4 колеса. Угол поворота одного из дисков 2 ограничен упором (на рисунке не показан). В тормоз введен автоматический компенсатор 6 износа фрикционных накладок, поддерживающий заданный зазор между парами трения [1].

Принципиальное отличие конструкций дисковых тормозов, изображенных на рис. 1 и 2, заключается в следующем. Если в тракторе «Беларусь» (рис. 1) момент сил трения при работе тормоза передается от вращающегося на ведущей оси колеса к корпусу трактора через корпус заднего моста, то в тормозе НАМИ-ЛАЗ (рис. 2) – от вращающегося с колесом тормоза к невращающейся полуоси, закрепленной на корпусе моста.

В дисковых тормозах коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар близок к единице. Наличие нескольких дисков существенно увеличивает общую площадь фрикционного контакта, а следовательно и силу трения, поскольку

$$T = \tau A_a,$$

где $A_a = 2nA_{a1}$ – зависит от количества n и размера фрикционных дисков.

Использование большого количества дисков реализовано в авиационных тормозах (рис. 3).

В процессе торможения самолета за время до 30–40 с одно колесо поглощает кинетическую энергию, достигающую 40–50 МДж.

Дисковые тормоза применяют также в высокоскоростных спортивных автомобилях.

Многодисковые тормоза имеют сравнительно небольшие габариты и эффективны в работе.

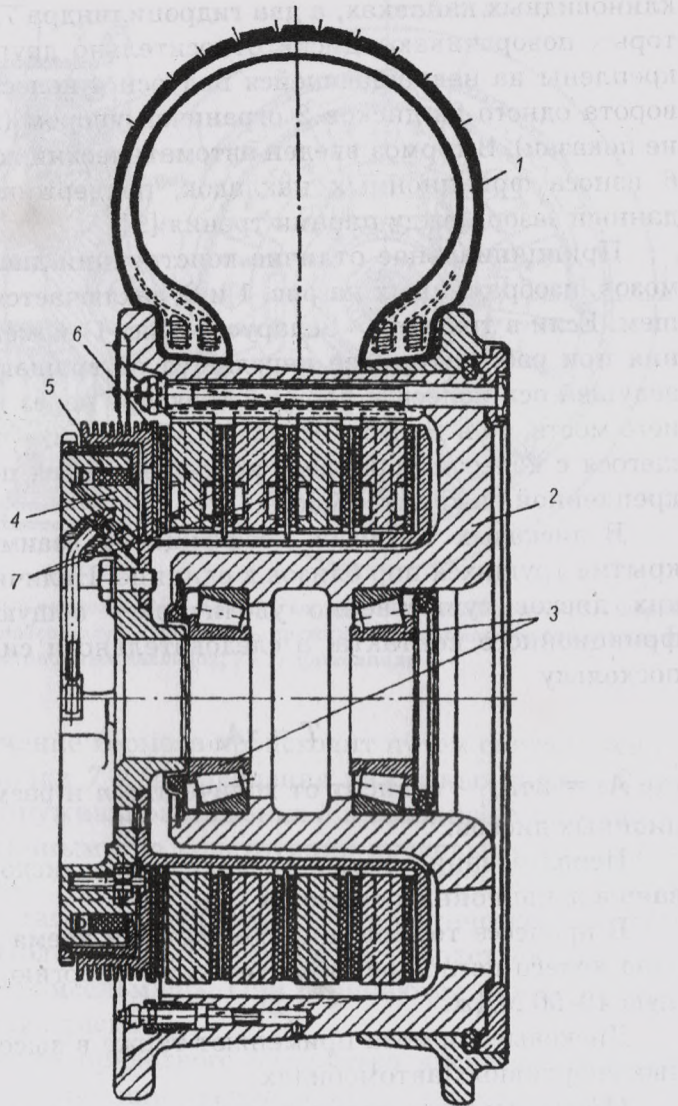


Рис. 3. Тормозное колесо самолета: 1 – шина; 2 – корпус колеса; 3 – подшипник; 4 – корпус тормоза; 5 – тормозной цилиндр с поршнем и уплотнителем; 6 – нажимной диск; 7 – фрикционный диск

1.2. Дисково-колодочные тормоза

Легковые автомобили ВАЗ-2101 (21011, 2103, 21013) оборудованы дисково-колодочными тормозами (рис. 4) [2].

Диск тормоза 11 прикреплен к ступице колеса и вращается вместе с ним. Диск охватывается неподвижной скобой (суппортом), которая крепится двумя болтами со стопорной пластиной к кронштейну, установленному на поворотной цапфе. В скобе 1 по обе стороны диска имеются отверстия, куда вставлены цилиндры 4 в сборе с поршнями 5 гидравлического привода тормозных колодок 8. Оба цилиндра соединены трубкой 10. При нажмении на педаль тормоза, возникающее в гидравлической системе да-

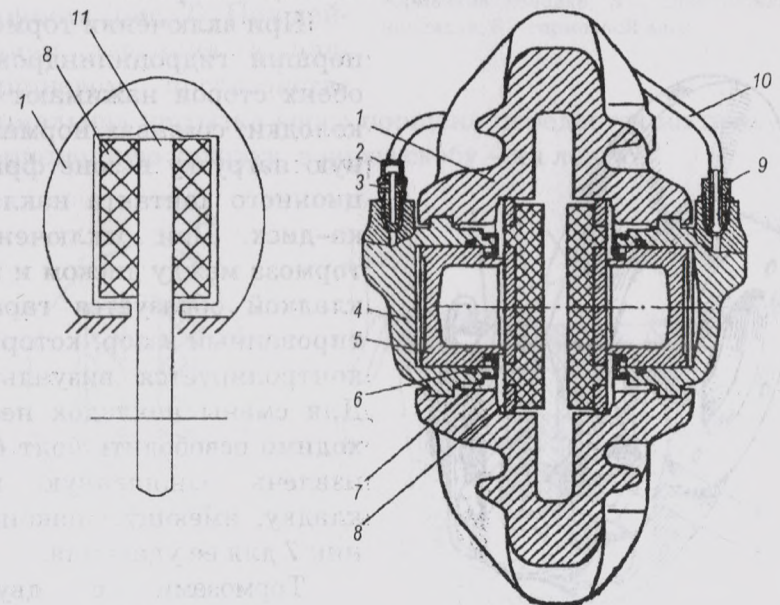


Рис. 4. Дисково-колодочный тормоз автомобиля ВАЗ-2101 с неподвижной скобой: 1 – корпус суппорта; 2 – грязезащитный колпачок клапана выпуска воздуха; 3 – клапан выпуска воздуха; 4 – колесный цилиндр; 5 – поршень; 6 – уплотнительное кольцо; 7 – пылезащитный колпачок; 8 – тормозная колодка; 9 – штуцер трубки; 10 – трубка; 11 – тормозной диск

ление через поршни создает нормальную нагрузку в зоне фрикционного контакта накладка-диск, величина которой пропорциональна усилию приложенному к педали. При отпуске педали давление в гидросистеме падает, и колодка под действием сил упругости резиновых колец отходит от диска, образуя зазор до 0,1 мм.

Аналогичную конструкцию имеет тормоз типа Dunlop английской фирмы Girling (рис. 5).

Тормозной диск изготовлен из высокопрочного чугуна. Он крепится на ступице, которая фиксируется на валу посредством шлицевого соединения. В скобе, с обеих сторон диска, расположено по одному гидроцилиндру. Фрикционные накладки закреплены на стальных пластинах, которые соединены со скобой при помощи штифтов.

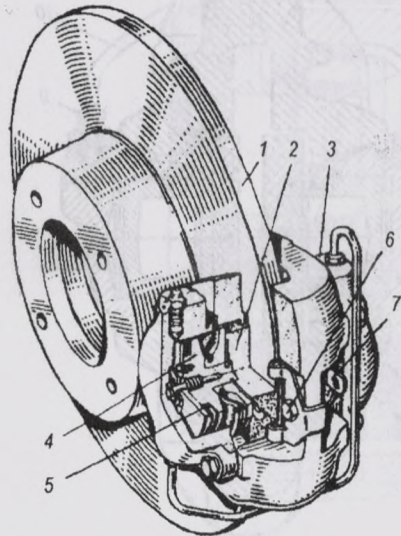


Рис. 5. Тормоз типа Dunlop: 1 – тормозной диск; 2 – фрикционная накладка; 3 – блок гидроцилиндра; 4 – поршень; 5 – уплотнительное кольцо; 6 – болт; 7 – наконечник накладки

При включении тормоза поршни гидроцилиндров с обеих сторон нажимают на колодки, создавая нормальную нагрузку в зоне фрикционного контакта накладка-диск. При отключении тормоза между диском и накладкой образуется гарантированный зазор, который контролируется визуально. Для смены накладок необходимо освободить болт 6 и извлечь изношенную накладку, имеющую наконечник 7 для ее удаления.

Тормозами с двумя поршнями по обе стороны диска оборудованы передние колеса легковых автомобилей марок ЗАЗ (968М,

11022), Москвич (412, 2141), ГАЗ 3102, а также передние и задние колеса автомобилей Mercedes Benz (200Т, 230ТЕ, 250Т, 280ТЕ, 230СЕ, 280СЕ, 280СЕ и т.п.) серии W123 (рис. 6) [3]. При этом используются тормозные скобы фирм Teves, Bendix, Girling.

Тормоз переднего колеса автомобиля «НИВА» (ВАЗ-2121) имеет плавающую скобу с одним поршнем (рис. 7). Под действием давления в надпоршневом пространстве нормальная нагрузка через поршень передается на правую фрикционную колодку, а через скобу – на левую.

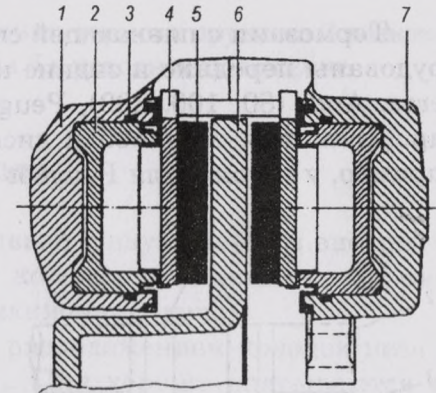


Рис. 6. Тормоз легкового автомобиля Mercedes Benz: 1, 7 – скоба; 2 – поршень; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – тормозная колодка; 5 – фрикционная накладка; 6 – тормозной диск

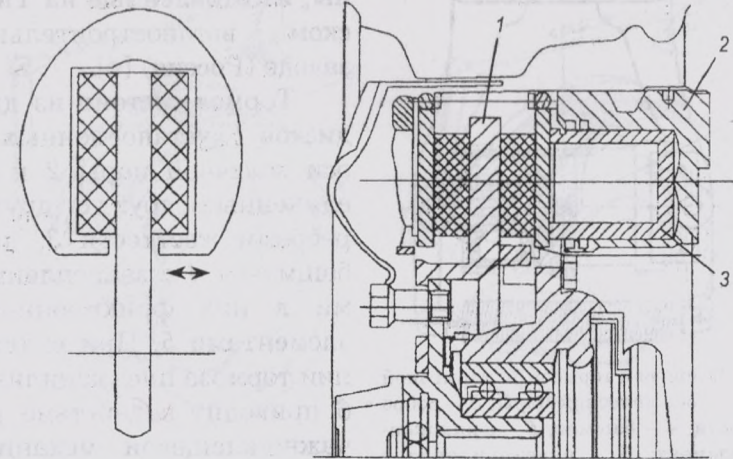


Рис. 7. Дисково-колодочный тормоз автомобиля ВАЗ-2121 с плавающей скобой: 1 – тормозной диск; 2 – скоба; 3 – поршень

Тормозами с плавающей скобой и одним поршнем оборудованы передние и задние колеса автомобилей Ford Sierra, Audi (80, 100, 200), Peugeot 605, Fiat Croma 2000 и др. Диаметры поршней и дисков в тормозах разные, например, у автомобиля Peugeot 605: $d = 57$ мм, $D = 276$ мм у передних колес и $d = 33$, $D = 290$ мм – у задних.

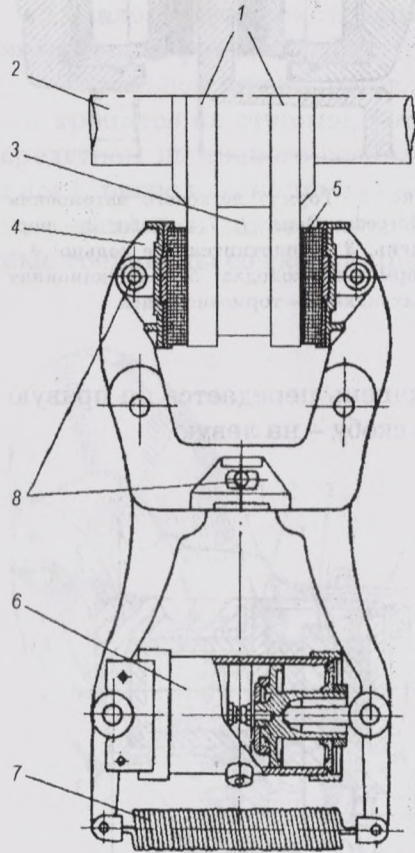


Рис. 8. Клещевой тормоз: 1 – тормозной диск; 2 – ось колесной пары; 3 – ребро жесткости; 4 – башмак; 5 – фрикционный элемент; 6 – пневмоцилиндр с двумя поршнями; 7 – пружина растяжения; 8 – шарнирное крепление

Дисково-колодочные тормоза легковых автомобилей имеют небольшие габаритные размеры и малый коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар.

Дисково-колодочные тормоза применяются также на железнодорожном транспорте (рис. 8). Ими оборудованы дизель-поезда ДР1А, ДР1П, электропоезд ЭР200, а также пассажирские вагоны, изготовленные на Тверском вагоностроительном заводе (Россия) [4].

Тормоз состоит из двух дисков 1, установленных на оси колесной пары 2 и соединенных друг с другом ребрами жесткости 3, двух башмаков 4 с закрепленными в них фрикционными элементами 5. При включении тормоза пневмоцилиндр 6 приводит в действие рычажно-клещевой механизм, раздвигая нижние концы рычагов и сжимая с двух

сторон диска 1. При отключении тормоза пружина 7 возвращает фрикционные элементы 5 в исходное положение.

1.3. Колодочные тормоза

Колодочные тормоза бывают с внутренним и внешним расположением тормозных колодок по отношению к металлическому элементу фрикционной пары.

Тормоза с внутренним расположением колодок называют барабанными (рис. 9). Они хорошо вписываются в колесное пространство между ступицей и ободом и находят широкое применение в легковых и грузовых автомобилях, колесных тракторах, сельхозмашинах и в прицепных транспортных средствах.

При нажатии на педаль 4 перемещается тяга 5, пово-

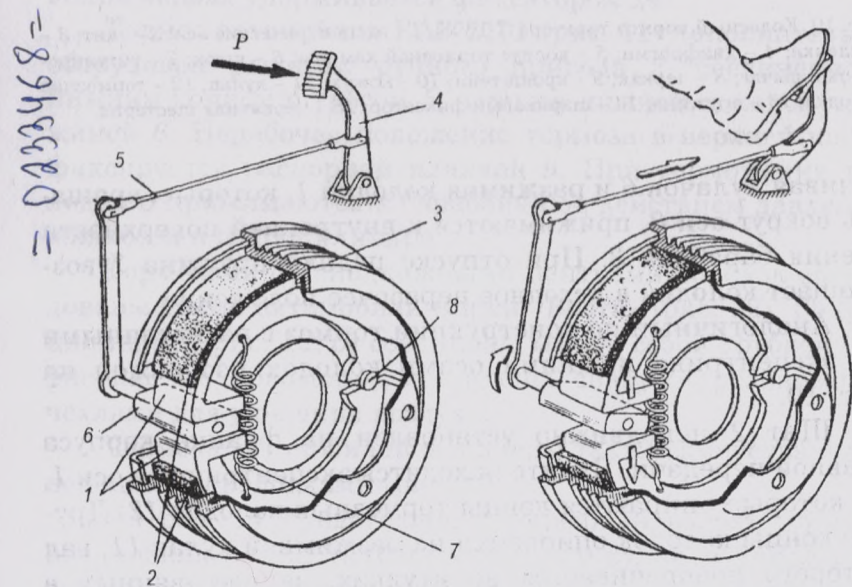


Рис. 9. Схема барабанного тормоза с механическим приводом: 1 – колодка; 2 – фрикционная накладка; 3 – барабан; 4 – педаль; 5 – тяга; 6 – кулачок; 7 – пружина растяжения

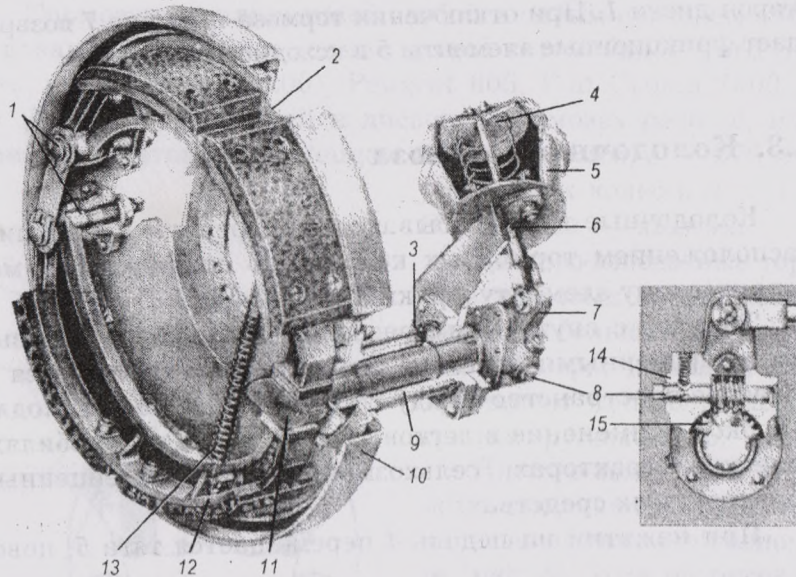


Рис. 10. Колесный тормоз трактора Т-150К: 1 - эксцентрические оси; 2 - щит; 3 - масленка; 4 - диафрагма; 5 - корпус тормозной камеры; 6 - шток; 7 - регулировочный рычаг; 8 - червяк; 9 - кронштейн; 10 - кожух; 11 - кулак; 12 - тормозная колодка; 13 - пружина; 14 - шариковый фиксатор; 15 - червячная шестерня

рачивая кулачок 6 и разжимая колодки 1, которые, вращаясь вокруг оси 8, прижимаются к внутренней поверхности трения барабана 3. При отпуске педали пружина 7 возвращает колодки в исходное нерабочее положение.

Аналогичный по конструкции тормоз с разнесенными на эксцентрике нижними осями колодок изображен на рис. 10.

Щит 2 неподвижно установлен на фланце корпуса главной передачи. В щите находятся эксцентричные оси 1, на которые опираются концы тормозных колодок 12. Другие концы колодок опираются на разжимной кулак 11, вал которого поворачивается во втулках, запрессованных в кронштейне 9, прикрепленном к щиту. На шлицевом конце разжимного кулака расположен регулировочный рычаг

7, соединенный штоком с тормозной камерой 5. Тормозная камера жестко связана со щитом 2 кронштейнами.

Во время торможения шток тормозной камеры перемещает рычаг и связанный с ним кулак 11, который раздвигает тормозные колодки, прижимая их к барабану. В исходное положение колодки возвращаются пружиной 13, которая стягивает их.

Равномерный зазор между колодками и барабаном достигается с помощью эксцентрических осей 1, которые удерживаются от проворачивания гайками, и регулировочного устройства, смонтированного в рычаге 7.

Регулировочное устройство включает червяк 8 и червячную шестерню 15. При повороте червяка за квадратную головку червячная шестерня перемещается вместе с разжимным кулаком, в результате меняется зазор между колодками и барабаном. От самопроизвольного проворачивания червяк удерживается фиксатором 14.

Тормоз автомобиля ВАЗ-2101 (рис. 11) дополнительно оборудован рычагом ручного привода 2, соединенного нижним концом с тросом 5, а также нижней стяжной пружиной 6. Нерабочее положение тормоза в верхней части фиксируется распорной планкой 9. При торможении колодки 3 прижимаются к барабану под действием давления жидкости в гидроцилиндре 1.

Тормозами с неподвижными центрами колодок оборудованы также автомобили марки «Волга» (рис. 12). Гидроцилиндры (рис. 12, б) соединены между собой трубкой (на рисунке не показана), защищены снаружи резиновыми чехлами для удаления воздуха.

Тормоза автомобилей оснащены также самоустанавливающимися колодками (рис. 13).

На рис. 14 представлен поперечный разрез тормоза автомобиля БелАЗ 7540 с разжимным кулаком 8. Вал разжимного кулака посредством рычага 5 и вилки 4 связан со штоком тормозного пневмоцилиндра 1, закрепленного на

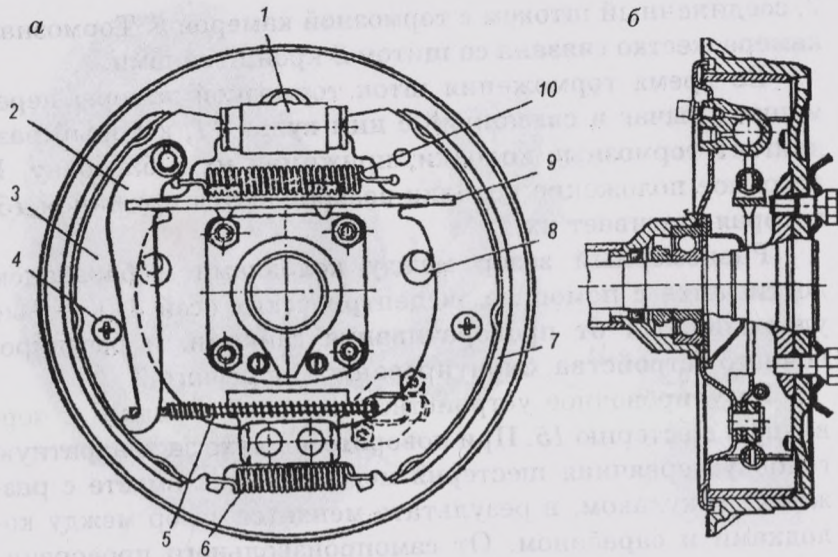


Рис. 11. Тормоз заднего колеса автомобиля ВАЗ-2101: а – общий вид (тормозной барабан снят); б – поперечный разрез; 1 – колесный цилиндр; 2 – рычаг ручного привода; 3 – колодка тормоза; 4 – чашка и опорная стойка колодки; 5 – трос привода ручного тормоза с оболочкой; 6 – нижняя стяжная пружина; 7 – фрикционная накладка; 8 – эксцентрик регулировки зазора между колодкой и барабаном; 9 – распорная планка; 10 – верхняя стяжная пружина

кронштейне 3. Тормоза литые, чугунные с наклепанными на них фрикционными накладками 10. Подобный тормоз применяется на автомобилях МАЗ и КамАЗ.

Тормозами с внешним расположением колодок оснащены железнодорожный подвижной состав и ряд конструкций грузоподъемных машин.

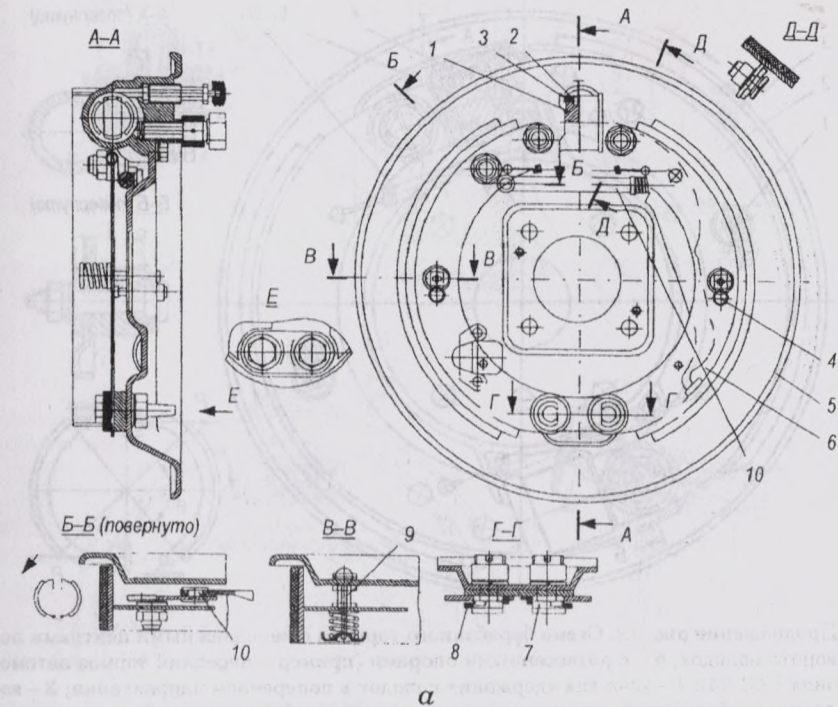
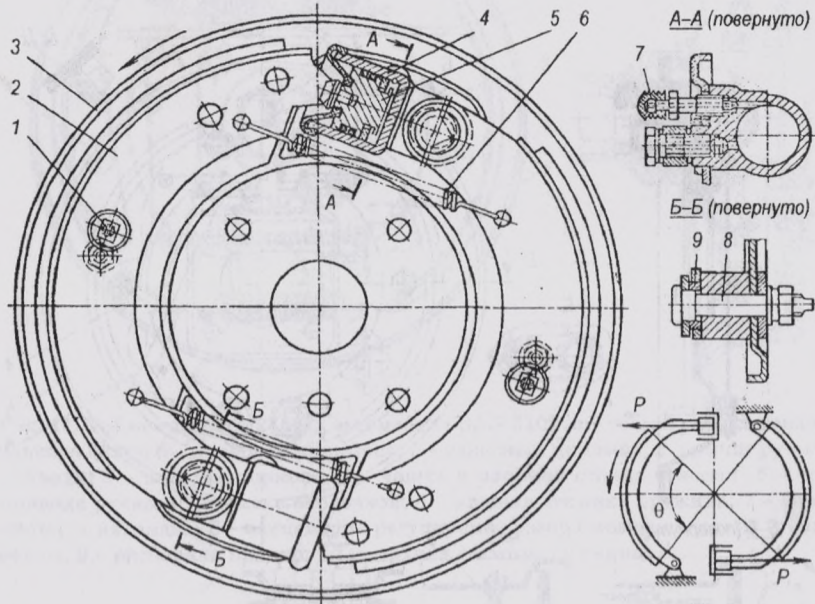


Рис. 12. Схема барабанного тормоза с неподвижными центрами поворота колодок: а – с односторонним расположением опор, которые могут быть совмещены (пример – задний тормоз автомобиля ГАЗ-3102): 1 – поршень; 2 – упорное кольцо поршня; 3 – уплотняющие кольца; 4 – упор; 5 – суппорт; 6 – колодка; 7 – опорные пальцы; 8 – бронзовый эксцентрик; 9 – фиксатор колодки; 10 – привод стояночного тормоза



Продолжение рис. 12. Схема барабанного тормоза с неподвижными центрами поворота колодок: *б* – с разнесенными опорами (пример – передний тормоз автомобиля ГАЗ-24): 1 – узел для удержания колодок в поперечном направлении; 2 – колодка; 3 – барабан; 4 – гидроцилиндр; 5 – поршень; 6 – пружина; 7 – вентили для удаления воздуха; 8 – опорный палец; 9 – эксцентрик

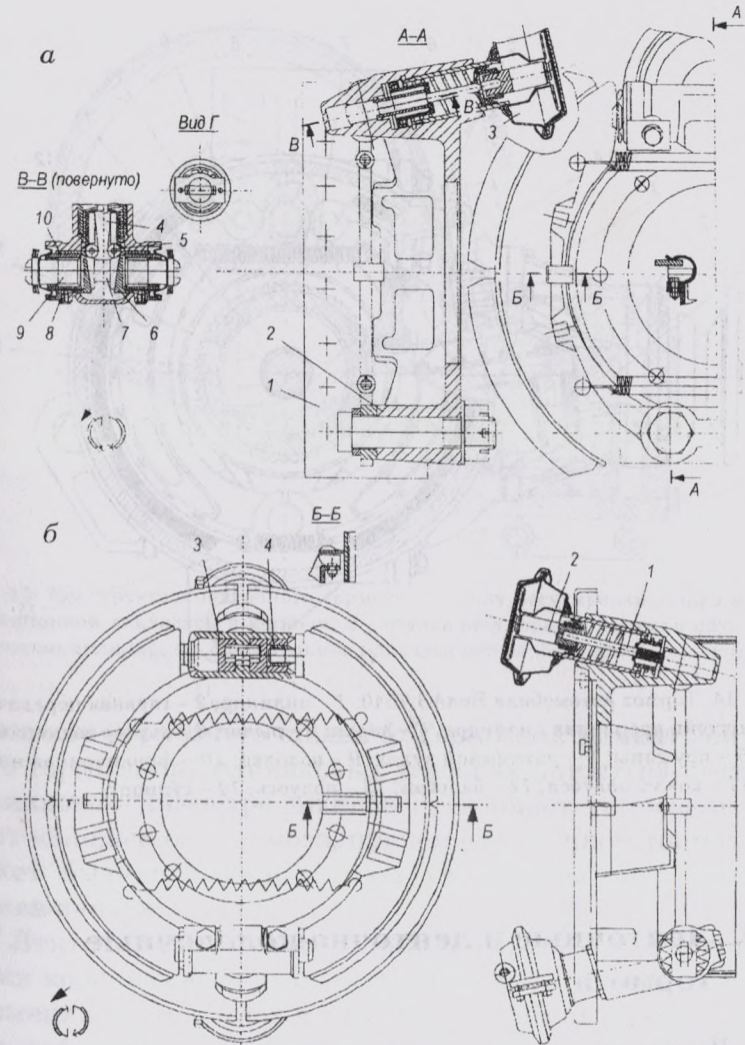


Рис. 13. Схема барабанных тормозов автомобиля «Колхида»: *а* – с односторонним расположением опорных поверхностей (задний тормоз автомобиля КАЗ-4540): 1 – колодка; 2 – суппорт (тормозной щит); 3 – тормозная камера; 4 – клин; 5 – ролик; 6 – плунжер; 7 – упор; 8 – собачка; 9 – регулировочный винт; 10 – регулировочная втулка; *б* – с разнесенными опорными поверхностями (передний тормоз автомобиля КАЗ-4540): 1 – шток; 2 – толкатель; 3 – разжимное устройство; 4 – толкатель разжимного устройства

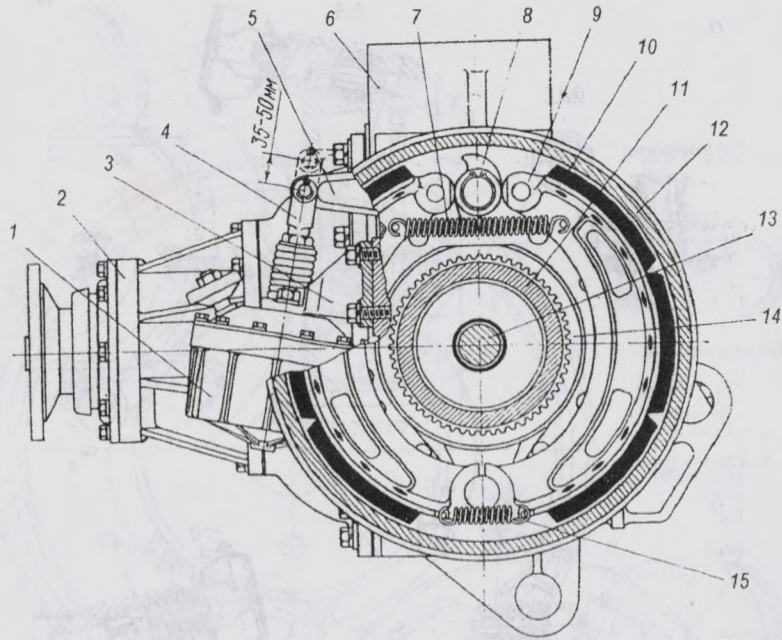


Рис. 14. Тормоз автомобиля БелАЗ 7540: 1 – цилиндр; 2 – главная передача; 3 – кронштейн крепления цилиндра; 4 – вилка; 5 – рычаг; 6 – картер заднего моста; 7, 15 – пружины; 8 – разжимной кулак; 9 – колодка; 10 – фрикционная наклад-ка; 11 – кожух полуоси; 12 – барабан; 13 – полуось; 14 – суппорт