

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

14/8/2

Одобрено кафедрой
«Вагоны и вагонное хозяйство»

Утверждено деканом факультета
«Транспортные средства»

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА ВАГОНОВ

Рабочая программа
и задание на курсовой проект
с методическими указаниями
для студентов V курса

специальности

190302 ВАГОНЫ (В)

направления

190300 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



Москва – 2008

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы данной дисциплины в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера путей сообщения по специальности 190302 (В) (направление 190300 Подвижной состав железных дорог).

С о с т а в и т е л и : кандидаты техн. наук, доценты Б. В. Смагин,
В. А. Юдин

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, доц. Б.Н. Покровский

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины является изучение тормозного оборудования подвижного состава, от уровня развития и состояния которого непосредственно зависит пропускная и провозная способность магистральных железных дорог и безопасность движения поездов.

2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучив дисциплину, студент должен:

2.1. Знать и уметь использовать:

- устройство, действие, эксплуатацию, ремонт тормозных систем и приборов безопасности движения;
- проектировать и проводить испытания тормозного оборудования, используя средства вычислительной техники, с соблюдением требований обеспечения безопасности движения, охраны окружающей среды;
- оценивать техническое состояние тормозного оборудования подвижного состава в эксплуатации.

2.2. Владеть методами:

- расчета тормозных систем, рациональной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта тормозного оборудования.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы | Всего часов | Курс-V |
|-------------------------------|----------------|--------|
| Общая трудоёмкость дисциплины | 170 | |
| Аудиторные занятия: | | |
| лекции | 8 | |
| лабораторный практикум | 16 | |
| Самостоятельная работа | 101 | |
| Курсовой проект | 45 | |
| Вид итогового контроля | Экзамен, зачёт | |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

| Раздел дисциплины | Лекции, | Лабораторный практикум, ч |
|---|----------------------------------|---------------------------|
| Назначение и принципиальные схемы тормозов железнодорожного подвижного состава Тормозная сила железнодорожного подвижного состава Тормозные системы железнодорожного подвижного состава Части тормозного оборудования и их основные элементы | 4 ч | 16 ч |
| Автоматическое регулирование тормозной силы в поезде Основные положения по тормозным расчётам | 4 ч | |
| Ремонт тормозного оборудования Эксплуатация и содержание тормозов Экспериментальные исследования автоматических тормозов подвижного состава | Самостоятельная работа студентов | |
| Итого | 8 | 16 |

4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1

1.1. Назначение и принципиальные схемы тормозов железнодорожного подвижного состава

Значение автоматических тормозов в управлении движением поездов, обеспечении безопасности движения и увеличении провозной способности железных дорог.

Основы построения, принципиальные схемы тормозных систем, задача дальнейшего совершенствования автоматических тормозов подвижного состава с учетом перспективных условий эксплуатации [1-4].

РАЗДЕЛ 2

2.1. Тормозная сила железнодорожного подвижного состава

Способы гашения энергии подвижного состава, накопленной в процессе движения, классификация тормозных средств по способу гашения энергии. Источники тормозной силы и факторы, от которых они зависят. Расчет тормозной силы фрикционного тормоза с учетом факторов, ограничивающих ее величину. Коэффициент трения тормозных колодок, коэффициент сцепления. Ограничение тормозной силы по условиям сцепления колес с рельсами. Явление юза колеса, его механизм. Последствия юза, влияющие на безопасность движения.

Определение величины допустимого тормозного нажатия для колодочного, дискового и магниторельсового тормозов [1-4].

РАЗДЕЛ 3

3.1. Тормозные системы железнодорожного подвижного состава. Основные части тормозного оборудования и их основные элементы

3.1.1. Пневматическая часть тормоза

Принципиальные основные схемы тормозного оборудования, применяемые на отечественном и зарубежном подвижном составе.

Составные элементы и устройства пневматической части тормоза. Приборы и устройства питания, управления, торможения и воздухопроводы с арматурой. Действие пневматической части тормоза при различных взаимодействиях тормозных приборов (зарядка, торможение, отпуск). Специфика пневматического тормозного оборудования различных типов подвижного состава.

Требования к схемам тормозного оборудования по обеспечению безопасности движения [1-4; 10].

3.1.2. Механическая часть тормоза

Отечественные и зарубежные конструкции тормозных рычажных передач (ТРП). Анализ технического состояния ТРП подвижного состава. ТРП грузового и пассажирского вагонов. Особенности ТРП дискового тормоза. Методы расчета и проектирования рычажных механизмов тормоза. Качественные характеристики ТРП (передаточное число, КПД, выход штока тормозного цилиндра). Усилия, действующие на элементы ТРП при торможении. Факторы, влияющие на величину выхода штока тормозного цилиндра. Типы фрикционных узлов колодочного, дискового, магниторельсового тормозов. Физико-химические свойства пар трения. Параметрические и функциональные ограничения при выборе основных размеров элементов ТРП. Требования к ТРП по обеспечению безопасности движения поездов. Регулирования ТРП. Авторегуляторы: назначение, типы, особенности конструкции отечественных и зарубежных авторегуляторов [1-5; 9-10].

3.1.3. Электропневматический тормоз

Составные элементы (приборы и устройства питания, управления, торможения, линейные провода и арматура) их устройства и особенности в электропневматическом тормозе, применении на отечественном и зарубежном подвижном составе.

Принципиальные схемы электропневматического тормоза (ЭПТ), область применения ЭПТ в поездах с локомотивной тягой и моторвагонного подвижного состава. Замещение электропневматического торможения пневматическим в случаях возникновения неисправностей в электрической части. Мероприятия по устранению влияния ЭПТ на устойчивую работу электрических цепей автоблокировки. Определение напряжения источника питания ЭПТ для обеспечения стабильной работы тормозов при падении напряжения в цепях и действии помех от тяговых токов в рельсах. Преимущества ЭПТ перед пневматическим тормозом; перспективы его развития [1-4;10].

3.1.4. Тормоза высокоскоростного подвижного состава

Виды и особенности тормозного оборудования высокоскоростного подвижного состава. Конструкции и расчет дисковых тормозов. Область применения дисковых тормозов.

Разновидности магниторельсовых тормозов (МРТ) по роду тока, конструкции башмаков, схемам подвешивания их на тележках, схемам питания и управления, расположению магнитного потока относительно рельса. Расчет тормозной силы МРТ при колебаниях напряжения источника питания и температуры нагрева башмака [1-4; 10].

РАЗДЕЛ 4

4.1. Автоматическое регулирование тормозной силы в поезде

Необходимость регулирования тормозной силы в условиях эксплуатации.

Способы регулирования тормозного нажатия колодок в зависимости от скорости движения, степени загрузки вагонов и возникновения юза колесных пар. Автоматическое регулирование тормозной силы поезда, применяемое за рубежом.

Скоростные регуляторы нажатия тормозных колодок, их разновидности, устройство и принцип действия, область применения. Автоматические регуляторы режимов торможения вагонов их конструктивные особенности и принцип действия. Особенности установки и регулирования приводов авторежимов, их роль в обеспечении безопасности движения.

Противоюзные устройства, их типы, принципы действия, принципиальные схемы (пневматические, электропневматические, электронные). Осевые датчики, реле давления, сбрасывающие клапаны, требования к противоюзным устройствам для обеспечения безопасности движения [1-4; 10].

РАЗДЕЛ 5

5.1. Основные положения по тормозным расчетам

Качественные признаки для сравнительной технико-экономической оценки различных систем тормозов: длина тормозного пути, плавность торможения, скорость тормозной волны, степень неистощимости действия, уровень продольно-динамических усилий в поезде при различных фазах торможения и др.

Взаимосвязь между величинами тормозной силы, длиной тормозного пути, допускаемой скорости движения. Оценка условия для безопасности движения, комфорта пассажиров и сохранности перевозимых грузов в подвижном составе.

Расчет распределения давления по длине заряженной тормозной магистрали; расчет нормативов зарядного давления в зависимости от длины и массы поезда и уклонов пути. Методика по определению величин утечки сжатого воздуха, плотности и нормативов для тормозной системы поезда, влияющих на управляемость тормозами.

Методы расчета продольных сил при торможении в поездах. Основные факторы, влияющие на них и безопасность движения. Способы уменьшения продольных сил в грузовых и пассажирских поездах.

Обеспечение подвижного состава тормозными средствами. Действительное, расчетное нажатие колодок, расчетный коэффициент нажатия тормозных колодок. Система расчетных нажатий, тормозные нормативы обеспечения поезда тормозными средствами [1-6; 10].

РАЗДЕЛ 6

6.1. Ремонт тормозного оборудования

Система, организация, технические условия ремонта и содержания тормозного оборудования. Средства, методы и диагностика качества ремонта.

Работа контрольных пунктов автотормозов по ремонту тормозного оборудования. Вопросы экологии, охраны труда и тех-

ники безопасности при ремонте тормозного оборудования [4-6; 9-11].

РАЗДЕЛ 7

7.1. Эксплуатация и содержание тормозов

Системы контроля технического состояния тормозов подвижного состава в эксплуатации. Основные причины отказа тормозов, приводящие к нарушению безопасности движения на железнодорожном транспорте. Меры по повышению эксплуатационной надежности автотормозов. Особенности содержания и эксплуатации тормозов в условиях низких температур. Вопросы экологии, охраны труда и техники безопасности при эксплуатации тормозов.

Текущий ремонт автотормозов и техническое обслуживание их на стоянках. Опробование автотормозов и проверка их действия в пути следования. Обеспечение плотности тормозной системы и способы контроля плотности магистрали поезда. Порядок размещения и включения автотормозов в поезде. Методы технического обслуживания автотормозов [4; 6-7; 9-11].

РАЗДЕЛ 8

8.1. Экспериментальные исследования автоматических тормозов подвижного состава

Основные цели экспериментальных исследований и разновидности тормозных испытаний. Способы экспериментальной оценки продольных динамических сил в составах поездов из различного типа подвижного состава при торможении. Определение коэффициентов трения различных типов тормозных колодок.

Экспериментальное определение КПД тормозной рычажной передачи. Исследование температурного режима во фрикционных узлах при торможении. Определение сопротивления движению воздуха в элементах магистрального воздухопровода и его влияние на процессы торможения и отпуска. Экспериментальная оценка эффективности тормозов подвижного состава [8].

4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Лабораторная работа |
|-------|--------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | | Испытание пневматического воздухораспределителя № 292-001 |
| 2 | | Испытание (ЭВР) электровоздухораспределителя |
| 3 | | Проведение сравнительных испытаний по исследованию пневматического и электропневматического тормозов для группы пассажирских тормозов |
| 4 | | Испытание пневматического воздухораспределителя № 483 А |
| 5 | | Испытание авторежима для грузовых вагонов |
| 6 | | Испытание автоматических тормозов для группы грузовых вагонов |
| 7 | | Испытание автоматического регулятора хода поршня тормозного цилиндра (авторегулятора) |

4.4. Практические занятия

Не предусмотрено.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Основной целью курсового проекта является решение вопросов по выбору и проектированию тормозной системы для заданного вагона и поезда, направленных на закрепление приобретенных знаний.

Обязательными задачами курсового проекта должны быть:

- расчет механической части тормозной системы с определением основных ее параметров (допустимого нажатия тормозных колодок или накладок, передаточного числа, диаметра тормозного цилиндра);

- расчет обеспеченности вагона тормозными средствами (действительное и расчетное нажатие колодок или накладок, расчетный тормозной коэффициент)
- оценка эффективности тормозной системы (расчет тормозного пути, замедления, времени торможения, тормозного коэффициента поезда грузового или пассажирского).

Курсовой проект должен представлен в виде пояснительной записки с необходимыми расчетами, схемами.

Графическая часть курсового проекта включает три листа:

- лист 1 — схема тормозной рычажной передачи (ТРП) вагона на белой бумаге формата А2 (420 × 594 мм);
- листы 2 и 3 — графики зависимостей тормозного пути, времени торможения и замедления от скорости на миллиметровой бумаге формата А4 (210 — 297 мм).

При выполнении проекта должно быть предусмотрено использование компьютерной техники и обязательное соблюдение требований ЕСКД.

Необходимое время для выполнения курсовой работы ориентировочно составляет 45 ч.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. А с а д ч е н к о В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава: Уч. пос. для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2006.—392 с.

2. Расчёт и проектирование пневматической и механической частей тормозов вагонов: Уч. пос. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. П. С. Анисимова. — М.: Маршрут, 2005.—248 с.

3. А с а д ч е н к о В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава железных дорог: Иллюстрированное уч. пос. (альбом). — М.:УМК МПС России, 1990.

4. Иноземцев В. Г. Автоматические тормоза: Учеб. — М.: Транспорт, 1981. — 464 с.
5. Крылов В. В., Ефремов В. Н., Демушкин П. И. Тормозное оборудование железнодорожного состава: Справочник. — М.: Транспорт, 1989. — 487 с.
6. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ/277. МПС РФ. — М.: Трансинфо, 2006. — 160 с.
7. Инструкция по сигнализации железных дорог РФ/РФ МПС. — М.: Транспорт, 1994. — 129 с.

Дополнительная

8. Правила технической эксплуатации железных дорог РФ. ЦРБ/756-МПС РФ. — М.: РОО «Техинформ», 2001. — 191 с.
9. Иноземцев В. Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава. Вопросы и ответы. — М.: Транспорт, 1987. — 207 с.
10. Крылов В. В. Автоматические тормоза подвижного состава. — М.: Транспорт, 1983. — 360 с.
11. Инструкция по ремонту и испытанию тормозного оборудования вагонов ЦВ — ЦЛ — 945. М.: Транспорт — Трансинфо, 2003. — 96 с.
12. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). — М.: ГосНИИВ — ВНИИЖТ, 1996. — 250 с.
13. Типовой расчет тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. — М.: ЦВ-ВНИИЖТ МПС СССР. 1996. — 76 с.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Компьютерные программы.

7. МАТЕРИАЛЬНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальная лаборатория

Натурные образцы пневматических воздухораспределителей, электровоздухораспределителя, тормозной арматуры, автотрежима, авторегулятора тормозной передачи.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе самостоятельной работы по изучению дисциплины студент должен по учебной литературе уяснить вопросы, связанные с ремонтом тормозного оборудования подвижного состава в депо и на заводах, эксплуатацией тормозов на железных дорогах страны. Студент должен для закрепления знаний ознакомиться с работой (по месту жительства) производственных подразделений депо, ремонтного завода или ПТО в плане задач, связанных с тормозным оборудованием подвижного состава железных дорог.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Настоящий курсовой проект призван помочь студентам овладеть теоретическими и практическими знаниями в области эксплуатации и ремонта тормозной техники, изучить устройство и работу тормозных систем подвижного состава, ознакомиться с методами тормозных расчетов и основами проектирования автотормозного оборудования подвижного состава железных дорог Российской Федерации.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В курсовом проекте требуется:

1.1. Рассчитать колодочный или дисковый тормоз:

- определить допускаемое нажатие тормозной колодки на колесо с проверкой найденной величины по удельному давлению;

- начертить схему рычажной тормозной передачи вагона, вывести по этой схеме формулу передаточного числа передачи и определить его значение;
- определить диаметр тормозного цилиндра;
- выбрать тип воздухораспределителя, объем запасного резервуара и в соответствии с законом Бойля-Мариотта определить максимально допустимый ход поршня тормозного цилиндра.

1.2. Проверить обеспеченность вагона, поезда тормозными средствами:

- определить действительную и расчетную силы нажатия тормозных колодок;
- определить расчетный коэффициент силы нажатия тормозных колодок вагона;
- определить расчетный тормозной коэффициент поезда.

1.3. Оценить эффективность тормозной системы поезда:

- определить тормозной путь поезда и построить графическую зависимость его длины от скорости;
- вычислить замедление и время торможения и построить график зависимости этих величин от скорости поезда.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные для выполнения пп. 1.1 — 1.3 курсового проекта выбирают из табл. 1 по последней цифре учебного шифра студента.

Выполнение курсового проекта состоит из двух частей.

Первая часть (пп. 1.1 и 1.2) включает определение параметров тормозной системы ОДНОГО заданного ВАГОНА. Для этого из табл. 1 студент выбирает только номер схемы (рисунка) ТРП по последней цифре учебного шифра.

Вторая часть (п. 1.3) предусматривает определение тормозного пути, величины замедления и времени торможения поезда (грузового или пассажирского) согласно данным (по учебному шифру) табл. 1.

Исходные данные

Таблица 1

| Наименование данных | Вариант (последняя цифра учебного шифра) | | | | | | | | | |
|---|--|-----|-----|----|-----|----|-----|----|----|-----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Состав грузового поезда: | | | | | | | | | | |
| 8-осные полувагоны (масса 168 т) | 8 | 9 | - | 7 | 3 | 4 | - | 6 | 2 | - |
| 4-осные полувагоны (масса 88 т) | 61 | 66 | - | 53 | 70 | 69 | - | 71 | 57 | - |
| 4-осные крытые (масса 88 т) | 16 | 10 | - | 20 | 17 | 12 | - | 13 | 21 | - |
| 4-осные рефрижераторные (масса 84 т) | 5 | 5 | - | 10 | - | 5 | - | - | 10 | - |
| Состав пассажирского поезда: | | | | | | | | | | |
| купейные (масса тары более 53 т) | - | - | 14 | - | - | - | 12 | - | - | 9 |
| мягкие (масса тары более 53 т) | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| плацкартные (масса тары более 53т) | - | - | 2 | - | - | - | 5 | - | - | 9 |
| межбластные (масса тары 48-52т) | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| почтово-багажные (масса тары 42-47т) | - | - | 2 | - | - | - | 1 | - | - | 2 |
| Скорость поезда в начале торможения, км/ч | 75 | 90 | 115 | 65 | 85 | 80 | 120 | 60 | 70 | 130 |
| Уклон пути, ‰ | -7 | -3 | -5 | +3 | -4 | -2 | -4 | +5 | +4 | -6 |
| Вид торможения ¹ | ЭТ | ПСТ | АС | ЭТ | ПСТ | ЭТ | ПСТ | ЭТ | АС | ЭТ |
| Тормозные колодки ² | К | К | Ч | К | К | К | Ч | К | К | Ч |
| Схема рычажной тормозной передачи (номер рисунка) | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 3 |

¹ПСТ — полное служебное торможение; АС — автостопное.

ЭТ — экстренное

²Ч — чугунные; К — композиционные.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Перед выполнением курсового проекта необходимо ознакомиться с последними приказами и указаниями железнодорожного ведомства по вопросам ремонта и эксплуатации автотормозных приборов и оборудования. Особое внимание студенты должны обратить на недопустимость применения в расчетах устаревших нормативов и данных по автотормозам.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Текст пояснительной записки пишут синим или черными чернилами (пастой) на листах формата А4 (297 x 210 мм); слева на листах оставляют поля шириной 3—4 см для заметок преподавателя; листы брошюруют в тетрадь и нумеруют.

В записке должны быть приведены необходимые расчеты, таблицы, иллюстрации (эскизы, схемы) с подрисовочным текстом. Расчеты следует сопровождать соответствующими пояснениями, полученные цифровые результаты должны иметь размерность. Обязательно следует делать ссылки на литературные источники*, из которых использованы формулы, расчетные нормативы и др. Эскизы и схемы в пояснительной записке вычеркиваются на ее листах или миллиметровой бумаге и размещаются в соответствующих местах записки. Не допускается вклейка иллюстраций, вырезанных из книг, альбомов и инструкций, **а также ксерокопий**.

Форма титульного листа пояснительной записки приведена в прил. 1.

Графическая часть курсового проекта состоит из трех листов:

Лист № 1 — Схема рычажной тормозной передачи на листе чертежной бумаги формата А2 (420 x 594 мм).

Лист № 2 — График зависимости тормозного пути поезда от скорости.

* В конце пояснительной записки приводят список используемой литературы.

Лист № 3 — График зависимости замедления и времени торможения поез-да от скорости.

Листы № 2 и 3 выполняют на миллиметровой бумаге формата А4 (297x210 мм).

Чертежи должны быть выполнены с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ 2.301-68, ГОСТ 2.309-68 и др.).

1. РАСЧЕТ КОЛОДОЧНОГО ИЛИ ДИСКОВОГО ТОРМОЗА

Колодочный тормоз с односторонней подвеской целесообразно применять при скорости движения до 120 км/ч, а с двусторонней — при большой скорости (до 160 км/ч) [3.1]. При скоростях движения свыше 160 км/ч колодочный тормоз следует применять совместно с дисковым или барабанным тормозом.

Расчет колодочного или дискового тормоза состоит из расчета силовой и механической частей, под которыми понимают тормозной цилиндр, рычажную передачу и трущиеся пары; в расчет входит и выбор воздушной части тормозной системы.

1.1. Определение допускаемого нажатия тормозной колодки

Для создания эффективной тормозной системы сила нажатия тормозной колодки на колесо должна обеспечивать реализацию максимальной силы сцепления колеса с рельсом и вместе с тем исключать возможность появления юза при торможении. Это положение в колодочном тормозе выполняется при граничных условиях, соответствующих сухим и чистым рельсам, и аналитически выражается уравнением, приведенном в [1—4].

$$K\varphi_k = 0,85\psi_k P_k, \quad (1)$$

где K — допускаемая сила нажатия колодки на колесо, кН;

φ_k — коэффициент трения тормозной колодки;

0,85 — коэффициент разгрузки задней колесной пары;

ψ_k — коэффициент сцепления колеса с рельсом при торможении;

P_k — статическая нагрузка на колесо, отнесенная к одной тормозной колодке, кН.

С учетом указанных положений для дискового тормоза [4] уравнение (1) примет вид

$$K\varphi_r r = 0,85 P_k \psi_r R, \quad (2)$$

где K — допускаемая сила нажатия накладки на тормозной диск, кН;

r — расчетный радиус тормозного диска, м ($r = 0,24$ м (см. рис. 4, вклейка);

P_k — статическая нагрузка на колесо, отнесенная к одной тормозной накладке, кН;

R — радиус колеса ($R = 0,475$ м);

$$P_k = \frac{(T+Q)g}{2z m_k}, \quad (3)$$

где T — масса тары вагона, т;

Q — масса перевозимого груза, т;

z — число колесных пар;

m_k — количество тормозных колодок или их секций, приходящихся на одно колесо;

$g = 9,81 \sim 10$ м/с² — ускорение свободного падения.

Значения $T+Q=Q_{бр}$, Z и m_k принимают по табл. 1 и по заданной схеме рычажной тормозной передачи; для пассажирского вагона следует условно принять $T+Q=60$ т.

Подставляя в формулу (1) значения коэффициента трения из [1-4] формулы (2) и (4), получим:

для стандартных чугуновых колодок

$$K(0,6 \frac{1,6K+100}{8K+100} \cdot \frac{v+100}{5v+100}) = 0,85\psi_k P_k; \quad (4)$$

для композиционных колодок

$$K(0,44 \frac{K+200}{4K+200} \cdot \frac{v+150}{2v+150}) = 0,85\psi_k P_k, \quad (5)$$

где v — расчетная скорость движения экипажа при недопущении юза, км/ч (табл. 2).

После преобразований уравнения (4) и (5) примут вид:

$$0,16(v+100) K^2+ [v+100-0,57(v+20) \psi_k P_k] K- 7,08(v+20) \psi_k P_k=0; \quad (6)$$

$$0,0055(v+150) K^2+ [1,1v+165-0,085(v+75) \psi_k P_k] K- 4,25(v+75) \psi_k P_k=0. \quad (7)$$

Для дискового тормоза уравнения (2) после преобразований с учетом числовых значений R и r примет вид

$$00013(0,51v+150) K^2+ [0,264(0,51v+150)-0,04(0,51v+75) \times \psi_k P_k] K - 2,019(0,51v+75) \psi_k P_k=0. \quad (8)$$

Расчетные значения коэффициента сцепления в зависимости от скорости недопущения юза и нагрузки колесной пары на рельсы для граничных условий при сухих и чистых рельсах приведены в табл. 2. Нагрузка от колесной пары на рельсы определяется из выражения

$$q_0 = \frac{(T+Q)g}{Z}. \quad (9)$$

Полученную из выражений (6), (7) и (8) допускаемую силу нажатия тормозной колодки проверяют исходя из требований теплового режима трущихся пар:

$$\frac{K}{F_k} \leq [\Delta p_{уд}], \quad (10)$$

где F_k — номинальная площадь трения тормозной колодки, см² (табл. 3);

$[\Delta p_{уд}]$ — допускаемое удельное давление на тормозную колодку, Н/см² (табл. 4).

Если $\frac{K}{F_k} \leq [\Delta p_{уд}]$, то полученное выше значение K принимают за допускаемое нажатие, а если $\frac{K}{F_k} > [\Delta p_{уд}]$, то допускаемое нажатие определяют по формуле

$$K_{доп} = [\Delta_{уд}] F_k. \quad (11)$$

Величину допускаемого удельного давления на тормозную колодку выбирают в зависимости от материала (см. табл. 4) и заданной скорости поезда в начале торможения (см. табл. 1).

Таблица 2

Расчетные значения коэффициента сцепления Ψ_k

| Тип подвижного состава | Расчетная скорость при недопущении юза v , км/ч | Коэффициент сцепления Ψ_k при нагрузке колесной пары на рельсы q_o , кН | | | | |
|--------------------------------------|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 60 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| Грузовые вагоны | 20 | 0,131 0,097 | 0,125 0,094 | 0,121 0,090 | 0,116 0,086 | 0,109 0,081 |
| Пассажирские и изотермические вагоны | 40 | — | 0,133 | 0,127 | 0,121 | — |
| | 120 | — | 0,107 | 0,102 | 0,097 | — |
| | 160 | — | 0,097 | 0,094 | 0,090 | — |

Примечание. Расчетную скорость движения при безюзовом торможении v в уравнениях (6) — (8) принимать: 20 и 40 км/ч для чугунных колодок, 100 км/ч и более для композиционных колодок.

Таблица 3

Характеристика типовых тормозных колодок

| Материал или тип колодки | Размеры колодок, мм | | | Номинальная площадь трения, см ² | Применение на подвижном составе |
|---------------------------------|---------------------|--------|---------|---|---|
| | длина | ширина | толщина | | |
| Чугунная | 380 | 80 | 60 | 305 | Вагоны |
| Композиционная | 400 | 80 | 39 | 290 | Вагоны |
| Чугунная секционная безребневая | 234 | 88 | 50 | 205 | Вагоны пассажирские, электровозы серии ЧС |

Таблица 4

Допускаемое удельное давление $[\Delta p_{уд}]$ на тормозную колодку, Н/см² (не более)

| Материал колодки | Скорость движения, км/ч | | |
|----------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| | До 120 | От 121 до 160 | От 161 до 250 |
| Чугун (ГОСТ 6921-74) | 130 | 90 | 60 |
| Композиционный | 90 | 60 | 40 |

1.2. Вывод формулы передаточного числа рычажной тормозной передачи

Передаточное число рычажной тормозной передачи показывает, во сколько раз с помощью с помощью рычагов тормозной передачи увеличивается сила, развиваемая поршнем тормозного цилиндра на тормозные колодки в этой ТРП.

Прежде всего необходимо по табл. 1 выбрать схему передачи и начертить ее в масштабе 1:5 на листе формата А2. На схеме показать действующие (расчетные) силы и размер плеч рычажной тормозной передачи вагона. Кроме того, схему следует дополнить необходимыми данными (давление воздуха в тормозном цилиндре, диаметр тормозного цилиндра и др.).

Основные размеры для заданной схемы рычажной тормозной передачи вагона, необходимые для расчетов, приведены в табл. 5 и на рис. 1—4 (см. вклейку).

При выводе формулы передаточного числа принимают расчетную схему рычажной передачи, находящуюся в состоянии равновесия, в которой после торможения все рычаги занимают перпендикулярное положение относительно тяг.

Передаточное число рычажной тормозной передачи определяют из соотношения длин плеч ведущих и ведомых рычагов. При этом рассматривают передачу усилия со штоком тормозного цилиндра через элементы рычажной тормозной передачи на тормозные колодки, используя уравнение статики, т. е. равенства моментов сил относительно того или иного шарнира рычажной передачи.

Взяв для примера схему рычажной (см. вклейку) тормозной передачи четырехосного грузового вагона (рис. 5, см. вклейку), проследим за ходом расчета. На основании сказанного выше можно выразить величину усилия, полученного на штоке поршня тормозного цилиндра:

$$\Sigma M_A = 0; P_1 = P_{шт} \frac{a}{b}; \quad (12)$$

$$\Sigma M_B = 0; P_2 = P_1 \frac{B + \Gamma}{\Gamma}; \quad (12')$$

$$K = P_2 \cos \alpha, \quad (13)$$

или

$$K = P_{шт} \frac{a}{б} \cdot \frac{в+г}{г} \cos \alpha,$$

где P_1 и P_2 — усилие соответственно на тяге и триангеле;

K — сила нажатия тормозной колодки;

α — угол, образованный между направлением действия силы;

P_2 — и направлением радиуса, проходящего через центр колеса и середину тормозной колодки.

Таблица 5

Характеристика рычажных тормозных передач вагонов

| Номер схемы | Тип и осьность вагона | Размеры плеч рычагов при колодках, мм | | | | При разных колодках | |
|-------------|--|---------------------------------------|-----|-----------------|-----|---------------------|-----|
| | | чугунных | | композиционных* | | в | г |
| | | а | б | а | б | | |
| 1 | 8-осный полувагон (масса 168 т) | 280 | 220 | 220 | 280 | 300 | 160 |
| 2 | 4-осный полувагон (масса 88 т) | 195 | 305 | 145 | 355 | 400 | 160 |
| 3 | 4-осный рефрижераторный грузовой вагон (масса 75 т) | 365 | 295 | 260 | 400 | 230 | 230 |
| 3 | Пассажирский цельнометаллический вагон (масса тары 53 т и более) | 390 | 260 | 260 | 390 | 230 | 230 |
| 4 | Пассажирский цельнометаллический вагон (масса тары 46 т) | - | - | 195 | 105 | 113 | 127 |

* Размеры плеч рычагов тормозных передач приняты для композиционных колодок из материала 8-1-66 (323-303-78).

Очевидно, что суммарная сила нажатия на все тормозные колодки вагона будет

$$\Sigma K = P_{\text{шт}} m_1 \frac{a}{b} \cdot \frac{B+\Gamma}{\Gamma} \cos \alpha, \quad (14)$$

где m_1 — число пар тормозных колодок.

Приравнявая ΣK суммарному тормозному нажатию $\Sigma K = P_{\text{шт}} \eta_{\text{рп}} n$, приведенному в учебнике [4], напишем:

$$m_1 P_{\text{шт}} \frac{a}{b} \cdot \frac{B+\Gamma}{\Gamma} \cos \alpha = P_{\text{шт}} \eta_{\text{рп}} n, \quad (15)$$

где $\eta_{\text{рп}}$ — коэффициент силовых потерь рычажной тормозной передачи;

n — передаточное число рычажной передачи.

Поскольку при определении передаточного числа пренебрегают потерей усилия на трение в шарнирах рычажной передачи ($\eta_{\text{рп}} = 1$), то из равенства (15) получим:

$$n = m_1 \frac{a}{b} \cdot \frac{B+\Gamma}{\Gamma} \cos \alpha \quad (16)$$

(для грузового вагона угол наклона колодки $\alpha = 10^\circ$, а для пассажирского вагона $\alpha = 0^\circ$).

Для схемы ТРП 8-осного полувагона при выводе передаточного числа — n необходимо в формуле (12) подставить 1/2 в правую ее часть, и этот коэффициент должен быть в формулах (13) — (16).

Для пассажирских вагонов и другого подвижного состава с двухсторонним подвешиванием тормозных колодок (см. рис. 3) величину передаточного числа определяют по формуле

$$n = m_1 \frac{a}{b} \cdot \frac{B}{\Gamma} \cos \alpha. \quad (17)$$

Формулами (16) и (17) для определения n следует пользоваться при идентичных плечах соответствующих горизонтальных и вертикальных рычагов.

1.3. Определение диаметра тормозного цилиндра

Диаметр тормозного цилиндра вагона находят из известной зависимости [2], определяющей усилие на его штоке:

$$P_{шт} = p_{тц} \frac{\pi d_{тц}^2}{4} \eta_{тц} - (P_0 + L_{доп} \mathcal{J}_{пр} + P_p), \quad (18)$$

откуда

$$d_{тц} = 1,12 \sqrt{\frac{P_{шт} + P_0 + L_{доп} \mathcal{J}_{пр} + P_p}{p_{тц}}}, \quad (19)$$

где $P_{шт}$ — усилие, развиваемое по штоку поршня тормозного цилиндра при торможении, Н;

$p_{тц}$ — давление воздуха в тормозном цилиндре, (МПа) Н/м²;

P_0 — усилие предварительной затяжки отпускной пружины тормозного цилиндра, Н (табл. 6);

$L_{доп}$ — максимально допустимый ход поршня тормозного цилиндра, см;

$\mathcal{J}_{пр}$ — жесткость отпускной пружины, Н/см (табл. 6);

$\eta_{тц} = 0,98$ — КПД тормозного цилиндра (потери на трение);

P_p — усилие пружины бескулисного авторегулятора рычажной передачи, приведенное к штоку тормозного цилиндра, Н. Для дискового тормоза, $P_p = 0$.

Усилие на штоке тормозного цилиндра

$$P_{шт} = \frac{K_{доп} m}{m \eta_{рп}}, \quad (20)$$

где $K_{доп}$ — допускаемое нажатие на тормозную колодку вагона, определяемое по формулам (6) — (8) или (11);

m — число тормозных колодок в рычажной передаче.

Коэффициент силовых потерь на трение $\eta_{рп}$ в рычажной передаче зависит от ее кинематической схемы и конструкции. По данным ВНИИЖТ $\eta_{рп}$ равен:

- для 4-осных грузовых вагонов с односторонним нажатием тормозных колодок и симметричной рычажной передачей, а также дискового тормоза — 0,95;

- для пассажирских вагонов — 0,90;

- для 8-осных вагонов и хопперов с несимметричной рычажной передачей — 0,80.

Таблица 6

Характеристика пружин тормозных цилиндров

| Подвижной состав | Жесткость отпускной пружины, Н/см | Усилия пружины при отпущенном тормозе, Н |
|--|-----------------------------------|--|
| 4-осные цельнометаллические пассажирские вагоны с дисковыми тормозом | 36,2 | 770 |
| 4-осные пассажирские вагоны | 62,9 | 1540 |
| 4-осные грузовые вагоны | 62,9 | 1540 |
| 8-осные грузовые вагоны | 62,9 | 1540 |

При определении диаметра тормозного цилиндра максимально допустимый ход поршня его $L_{\text{доп}}$ принимают [13]: для грузовых вагонов на груженом — 18 см; для пассажирских вагонов — 16 см, а для дискового тормоза — 2,5—4 см.

Таблица 7

Расчетные величины давления

| Переключение режимов воздухоопределятеля по загрузке | Режим включения воздухоопределятеля | Расчетная величина давления, кгс/см ² | |
|--|-------------------------------------|--|------------------------|
| | | Тара | Полная загрузка вагона |
| Автоматическое (авторегим) | Средний | 1,3/1,6 | 3,0/3,4 |
| | Груженный | 1,4/2,0 | 4,0/4,5 |
| Ручное | Порожний | 1,4/1,8 | |
| | Средний | 3,0/3,4 | |
| | Груженный | 4,0/4,5 | |

Примечание. В числителе указаны размеры для чугуновых колодок, в знаменателе — для композиционных.

Давление воздуха в тормозных цилиндра пассажирских вагонов принимается равным $38 \cdot 10^4$ (0,38 МПа) Н/м².

При эксплуатации подвижного состава для регулирования тормозных рычажных передач применяются авторегуляторы с рычажным или стержневым приводами. На всех грузовых вагонах используют рычажные приводы (рис. 6, см. вклейку), а на пассажирских — стержневые (рис. 7, см. вклейку).

Для вагонов, оборудованных авторегулятором с рычажным приводом, усилие его пружины

$$P_p = (P_{рн} + ж_{пр} l_p) \left(\frac{б}{а} - \frac{з}{а} \frac{е+д}{д} \right), \quad (21)$$

где $P_{рн}$ — усилие предварительного натяга пружины авторегулятора, кгс ($P_{рн} = 1690$ Н) [13];

$ж_{пр}$ — жесткость пружины авторегулятора, кгс/см, ($ж_{пр} = 231$ Н/см) [4.6];

$ρ$ — величина сжатия пружины авторегулятора при торможении, см;

а, б, з — размеры плеч горизонтального рычага рычажной передачи авторегулятора, см (см. табл. 5 и 8);

е, д — размеры плеч рычага привода авторегулятора, см (см. рис. 6 и табл. 8).

Величина сжатия пружины регулятора при торможении для 4-х осных вагонов при композиционных тормозных колодках принимается равной 1,5 см, с авторегуляторами типа 574Б и РТРП—675, РТРП-675М; у 8-осных полувагонов она равна — 2 см; у цельнометаллических пассажирских вагонов — 2,5 см.

Для вагонов, имеющих стержневой период авторегулятора, усилие его пружины

$$P_p = (P_{рн} + ж_{пр} l_p) \frac{б}{а}. \quad (22)$$

Исходя из найденной величины по формуле (19) диаметра тормозного цилиндра, выбирают ближайший размер к стандартному из следующего ряда: 203, 356, 400 мм.

Размеры рычагов привода авторегулятора вагонов

| Тип вагонов | Размеры плеч привода регулятора, мм | | |
|---|-------------------------------------|---------|---------|
| | з | д | е |
| 4-осные полувагоны и вагоны для перевозки цемента | 140*/195 | 340/340 | 160/160 |
| 4-осные платформы, крытые и цистерны | 140/205 | 400/400 | 260/260 |
| 8-осные полувагоны | 60/120 | 340/340 | 160/160 |
| 8-осные цистерны | 13/205 | 50/50 | 25/25 |
| | Для вагонов нового выпуска* | | |

Примечание. В числителе указаны размеры для чугунных колодок, в знаменателе — для композиционных.

1.4. Выбор воздушной части тормозной системы

В воздушную часть входят воздухораспределитель, запасный резервуар, воздухопровод с арматурой и другие приборы.

На железных дорогах России применяются следующие типы воздухораспределителей: № 292-001, № 305-000, № 483 А и др. Тип воздухораспределителя выбирают исходя из времени наполнения тормозного цилиндра сжатым воздухом до 90 % его максимального давления. Для пассажирского вагона это время не должно превышать 8 с, а для грузового — 15 с. Такие величины времен наполнения тормозного цилиндра в пассажирских вагонах обеспечиваются воздухораспределителями № 292-001, а в грузовых — № 483 А.

Затем в зависимости от принятого диаметра тормозного цилиндра определяют объем запасного резервуара. Этот объем должен обеспечивать максимальное давление в тормозном цилиндре при экстренном или полном служебном торможении не ниже 0,38 МПа и при ходе поршня тормозного цилиндра 180 мм. Исходя из этого минимальный объем запасного резервуара в см³, приходящийся на один тормозной цилиндр, подсчитывают по формуле

$$V_{зр} = 78 F_{тц}, \quad (23)$$

где $F_{тц}$ — площадь поршня тормозного цилиндра, см².

По найденному объему принимают ближайшую величину стандартного объема запасного резервуара из следующего вида: $24 \cdot 10^3$, $38 \cdot 10^3$, $55 \cdot 10^3$, $78 \cdot 10^3$, $135 \cdot 10^3$, $170 \cdot 10^3$ см³.

Качественная оценка правильности выбора воздушной части в истощимых пассажирских тормозах проводится по величине максимально допускаемого хода поршня тормозного цилиндра, а у грузовых тормозах неистощимых — по условию их неистощимости [4].

$$p_{зр} \geq p_3 - \Delta p_{\text{маг}}, \quad (24)$$

где $p_{зр}$ — давление воздуха в запасном резервуаре при торможении, МПа;

p_3 — максимальное зарядное давление в воздухопроводной магистрали, МПа;

$\Delta p_{\text{маг}}$ — снижение зарядного давления в воздухопроводной магистрали при полном служебном торможении (принимают 0,15 МПа).

На основании закона Бойля-Мариотта состояние сжатого воздуха в выбранных емкостях воздушной части тормозной системы до торможения (рис. 8, см. вклейку) и при торможении (рис. 9, см. вклейку) определяют по формуле

$$p_3 V_{зр} + p_{\text{бар}} V_0 c_{тц} = p_{зр} V_{зр} + p_{тц(\text{max})} \cdot c_{тц} \left(V_0 + \frac{\pi d_{тц}^2}{4} L \right), \quad (25)$$

где V_0 — объем тормозного цилиндра до торможения, см³ [5];

$c_{тц}$ — количество тормозных цилиндров;

$p_{тц(\text{max})}$ — максимальное расчетное давление воздуха в тормозном цилиндре (принимают в абсолютных единицах в пассажирских тормозах 0,48 МПа и в грузовых тормозах — 0,5 МПа);

L — ход поршня тормозного цилиндра при торможении, см.

Решив это уравнение относительно L и $p_{зр}$, получим для:

- пассажирского пневматического тормоза (истощимого)

$$L = \frac{(p_3 - p_{зр})V_{зр} - (p_{тц(\text{max})} - p_{\text{бар}})V_0 c_{тц}}{p_{тц(\text{max})} \frac{\pi d_{тц}^2}{4} c_{тц}} \leq L_{\text{доп}}; \quad (26)$$

- грузового тормоза (неистошимого)

$$P_{зр} = \frac{p_3 V_{зр} - p_{тц(max)} (V_0 + \frac{\pi d_{тц}^2}{4} L) c_{тц} + p_{бар} V_0 c_{тц}}{V_{зр}} \geq (p_3 - \Delta p_{маг}). \quad (27)$$

Как указывалось выше, для грузовых вагонов $L_{доп} = 18$ см, для пассажирских вагонов $L_{доп} = 16$ см, а для дискового тормоза — 2,5 — 4 см.

Все величины давлений в формулах (25) и (26) выражаются в абсолютных единицах $p_{абс} = p_{бар} + p_{изб}$, ($p_{абс}$ — барометрическое (атмосферное) давление, $p_{бар} = 0,1$ МПа; $p_{изб}$ — избыточное давление).

1.5. Расчет обеспеченности вагона, поезда тормозными средствами

Для этого расчета вычисляют действительное и расчетное нажатие тормозных колодок, расчетный тормозной коэффициент поезда.

Действительная сила нажатия на тормозную колодку вагона

$$K_d = \frac{P_{шт} m \eta_{рп} \lambda}{m}, \quad (28)$$

где $P_{шт}$ — определяют по формуле (18);

λ — число рычажных тормозных передач вагона (соответствует числу тормозных цилиндров), для вагонов с колодочным тормозом $\lambda=1$, а для дискового тормоза $\lambda=4$.

Расчетную силу нажатия тормозной колодки вагона K_p определяют методом приведения, при котором действительные величины K_d и ϕ_k заменяют расчетными. При этом должно выполняться условие [1—4].

$$\phi_k K_d = \phi_{кр} K_p, \quad (29)$$

где $K_d \phi_k$ — действительная тормозная сила, реализуемая между колесом и рельсом;

$\phi_{кр} K_p$ — расчетная тормозная сила;

$\phi_{кр}$ — расчетный коэффициент трения тормозной колодки;

K_p — расчетное нажатие тормозной колодки.

Для определения расчетных коэффициентов трения используют формулы:

- для стандартных чугунных колодок:

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{v+100}{5v+100}; \quad (30)$$

- для композиционных колодок:

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{v+150}{2v+150}; \quad (31)$$

Поставив в формулу (29) известные значения φ_k и $\varphi_{кр}$, получают соответственно для тормозных колодок:

- стандартных чугунных:

$$K_p = 2,22 K_d \frac{1,6K_d + 100}{8K_d + 100}; \quad (32)$$

- композиционных:

$$K_p = 1,22 K_d \frac{K_d + 200}{4K_d + 200}, \quad (33)$$

где K_d подставлять в кН.

Расчетный коэффициент силы нажатия тормозных колодок вагона

$$\delta_p = \frac{K_p m}{(T+Q)g}. \quad (34)$$

Найденная величина расчетного коэффициента δ_p не должна быть более указанной в табл. 9 [13].

Суммарное расчетное нажатие тормозных колодок поезда (с учетом локомотива только для пассажирского поезда [3.5, см. 102 с. п. 11]) подсчитывают по формуле

$$\Sigma K_p = z_1 K_1 x_1 + z_2 K_2 x_2 + \dots + z_i K_i x_i, \quad (35)$$

где z_1, z_2, \dots, z_i — количество тормозных осей вагона (локомотива);

K_1, K_2, \dots, K_i — расчетное нажатие на одну ось вагона (локомотива), кН [3.5];

x_1, x_2, \dots, x_i — количество вагонов (локомотивов) в поезде по типу и осности.

Таблица 9

**Минимальные допустимые значения коэффициента силы нажатия
композиционных тормозных колодок грузовых и рефрижераторных вагонов**

| Тип вагонов | Переключение режимов по загрузке | Режимы воздухо-распределителя по загрузке вагона | Величина δ_p | |
|-----------------------|----------------------------------|---|-----------------------------|---|
| | | | при композиционных колодках | в пересчете на чугунные стандартные колодки |
| Грузовые | Ручное | Порожний | 0,22 | 0,55 |
| | | Средний | 0,14 | 0,33 |
| | | Груженный | 0,18 | 0,44 |
| | Автоматическое | Средний (Порожний вагон) | 0,22 | 0,55 |
| | | Средний (Полная загрузка) | 0,14 | 0,33 |
| Рефрижераторный вагон | Ручное | При режиме соответствующем полной загрузке вагона | 0,22/0,24 | 0,55/0,22 |

Примечание. В числителе для $V < 100$ км/ч, а в знаменателе — до 120 км/ч

Таблица 10

Минимальные допустимые значения расчетных коэффициентов нажатия тормозных колодок грузовых или накладок пассажирских вагонов

| Максимальная скорость вагона, м/с (км/ч) | Величина δ_p при тормозных колодках | |
|--|---|---|
| | чугунных стандартных и из других материалов в пересчете на чугунные | композиционных и из других материалов в пересчете на композиционные |
| 39(140) 45(160) | пневматический тормоз | |
| | 0,82 0,85 | 0,28 0,30 |
| 39(140) 45(160) 55(200) | электропневматический тормоз | |
| | 0,78 | 0,27 |
| | 0,80 0,90 | 0,28 0,31 |

Тип и серию пассажирского локомотива студент выбирает по своему усмотрению; массу пассажирского локомотива и количество тормозных осей у него берет из табл. 11; состав (количество вагонов) поезда задан (см. табл. 1).

Таблица 11

Расчетная масса локомотива и количество тормозных осей

| Локомотив | Количество автотормозных осей | Расчетная масса, т |
|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Электровозы | | |
| ВЛ 23, ВЛ60 всех индексов | 6 | 138 |
| ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ80, ВЛ80к | 8 | 184 |
| ЧСЗ | 4 | 84 |
| ЧС2, ЧС2Т | 6 | 120,128 |
| ЧС4, ЧС4Т | 6 | 126 |
| Тепловозы | | |
| ТЭ2 | 8 | 170 |
| ТЭ3, ТЭ7 | 12 | 254 |
| 2ТЭ10Л, 2ТЭ10В | 12 | 258 |
| 2ТЭП60 | 12 | 258 |
| ТЭП 60 | 6 | 128 |

Расчетный тормозной коэффициент поезда характеризует степень обеспеченности поезда тормозными средствами. Отношение расчетного нажатия тормозных колодок к весу поезда называют расчетным коэффициентом поезда, т. е.

$$\vartheta_p = \frac{K_p m}{(T + Q)g} \quad (36)$$

где $P_{л} + Q$ — масса пассажирского поезда, т (см. табл. 1 и 9); для грузового поезда подсчитывается **только масса всех вагонов в составе без локомотива (см. табл. 1)**.

1.5. Оценка эффективности тормозной системы поезда

Оценка эффективности тормозной системы поезда проводится по длине тормозного пути $S_{\text{т}}$, величинам средних замедлений ϵ_1 , времени торможения $t_{\text{тор}}$.

1.6. Определение тормозного пути поезда

Тормозным путем называется расстояние, проходимое поездом от момента перевода ручки крана машиниста или стопкрана в тормозное положение до полной остановки поезда.

Длина тормозного пути может быть рассчитана по формуле, вытекающей из интегрирования уравнения движения тормозящего поезда [4].

Тормозной путь поезда $S_{\text{т}}$ условно определяется как сумма подготовительного пути $S_{\text{п}}$ и действительного пути торможения $S_{\text{д}}$, т. е.

$$S_{\text{т}} = S_{\text{п}} + S_{\text{д}} = \frac{v_0 t_{\text{п}}}{3,6} + \sum \frac{500(v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2)}{\zeta(\epsilon_{\text{т}} + w_{\text{ок}}'' + i_{\text{с}})}, \quad (37)$$

где v_0 — скорость поезда в момент начала торможения, км/ч;

$t_{\text{п}}$ — время подготовки тормозов к действию, с;

$v_{\text{н}}, v_{\text{к}}$ — начальная и конечная скорость поезда в принятом расчетном интервале скоростей (рекомендуется принимать этот интервал, равным 10 км/ч);

ζ — замедление поезда в км/ч² под действием замедляющей силы, 1 Н/т (принимается для грузовых и пассажирских поездов 12 км/ч², электропоездов — 11,9 км/ч²);

$v_{\text{т}}$ — удельная тормозная сила, Н/т, при средней скорости в каждом интервале, равной $v_{\text{ср}} = \frac{v_{\text{н}} + v_{\text{к}}}{2}$;

w_{yx}'' — основное удельное сопротивление движению поезда при средней скорости в каждом интервале приезде без тока, Н/т;

$i_{\text{с}}$ — удельная замедляющая или ускоряющая сила от приведенного значения уклона с учетом сопротивления и кривой, Н/т (принимается со знаком «+» для подъема «-» для спуска).

Условно принимают, что при подготовке тормоза к действию сжатый воздух в тормозной цилиндр не поступает и поэтому скорость движения поезда v_0 за время подготовки тормоза

t_n не изменяется. Зато действительное торможение обусловлено мгновенным увеличением тормозной силы.

Время подготовки тормозов к действию в секундах определяют при экстренном и полном служебном торможении по формулам:

- для грузовых поездов длиной 200 осей и менее

$$t_n = 7 - \frac{10i_c}{\sigma_T}; \quad (38)$$

- для грузовых поездов длиной более 200 осей (до 300 осей)

$$t_n = 10 - \frac{15i_c}{\sigma_T}; \quad (39)$$

- для грузовых поездов длиной более 300 осей

$$t_n = 12 - \frac{18i_c}{\sigma_T}; \quad (40)$$

- для пассажирских поездов на пневматических тормозах

$$t_n = 4 - \frac{5i_c}{\sigma_T}; \quad (41)$$

- для электропоездов и пассажирских поездов с электропневматическими тормозами

$$t_n = 2 - \frac{3i_c}{\sigma_T}; \quad (42)$$

- при автостопном торможении

$$t_n^1 = t_n + 12. \quad (43)$$

Средняя удельная тормозная сила поезда

$$v_T = 10\,000 \vartheta_p \varphi_{кр}, \quad (44)$$

где ϑ_p — расчетный тормозной коэффициент поезда при экстренном торможении (см. табл. 1); при полном служебном торможении он уменьшается на 20 %.

Основное удельное сопротивление движению поезда определяют в такой последовательности.

Удельное сопротивление локомотива в Н/т на холостом ходу (при движении без тока)

$$w_x = 24 + 0,11v + 0,0035v^2. \quad (45)$$

Основное сопротивление грузового состава в Н/т определяют по формуле

$$w''_o = \alpha w''_{04} + \gamma w''_{08}, \quad (46)$$

где α, γ — соответственно доли (не %!) 4- и 8-осных вагонов в составе по массе (см. табл. 1);

w''_{04} — основное удельное сопротивление 4-осных грузовых вагонов ($q_{04} > 6т$):

$$\gamma = \frac{Q_8 \cdot x_1}{Q_8 \cdot x_1 + Q_4 x_2 + Q_4 \cdot x_3}, \quad (47)$$

где $Q_8; Q_4$ — соответственно масса вагонов (8-, 4-осных и т.д.) в поезде;

$x_1; x_2; x_3$ — соответственно количество вагонов в поезде по осям;

при роликовых подшипниках

$$w''_{04} = 7 + \frac{30 + v + 0,025 v^2}{q_{04}}; \quad (48)$$

w''_{08} — основное удельное сопротивление 8-осных грузовых вагонов;

$$w''_{08} = 7 + \frac{60 + 0,38v + 0,021 v^2}{q_{08}}. \quad (49)$$

Здесь q_{04}, q_{08} — масса, приходящаяся на одну ось, т, соответственно 4- и 8-осного вагона.

Основное удельное сопротивление пассажирских вагонов в Н/т

$$w''_o = 12 + 0,12v + 0,0035v^2. \quad (50)$$

Основное удельное сопротивление движению поезда при езде без тока в Н/т

$$w''_{ox} = \frac{w''_o Q_c + w_x P_{л}}{Q_c + P_{л}}, \quad (51)$$

где Q_c — масса состава (см. табл. 1);

P_d — масса локомотива грузового или пассажирского (см. табл. 11).

Удельная сила от уклона в Н/т:

$$i_c = 10i, \quad (52)$$

где i — величина уклона (см. табл. 1).

Результаты подсчета тормозного пути рекомендуется сводить в итоговую таблицу (прил. 2). По данным этой таблицы строят график $S_T = f(v)$.

Подсчитанный по формуле (37) тормозной путь не должен быть более величины, указанной в табл. 12.

Таблица 12

Тормозные пути, установленные в [3.6, табл. 3.1]

| Поезда | Скорость v , км/ч | Тормозной путь, м | |
|--------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| | | $i_c \leq -6\text{‰}$ | $-6\text{‰} < i_c < -10\text{‰}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Грузовые | $v \leq 80$ | 1 000 | 1 200 |
| | $80 < v \leq 90$ | 1 300 | 1 500 |
| | $90 < v \leq 100$ | 1 600 | 1200 (рефр.) |
| Пассажирские | $v \leq 100$ | 1 000 | 1200 |
| | $100 < v \leq 140$ | 1 200 | 1300 |
| | $140 < v \leq 160$ | 1 600 | 1700 |

1.7. Вычисление замедления и времени торможения

Для оценки эффективности действия тормоза используется величина среднего замедления ϵ_i , реализованная при торможении и определяемая из уравнения сохранения энергии для движущегося в тормозном режиме поезда [4.4],

$$\epsilon_i = \frac{v_n^2 - v_k^2}{2 \cdot 3,6^2 \Delta S_d}. \quad (53)$$

Таким образом, величина среднего замедления представляет собой удельную механическую энергию (приходящуюся

на единицу массы) поезда, которая гасится его тормозной системой на единице длины тормозного пути.

Время торможения поезда представляет собой сумму времени подготовки тормоза к действию t_n и действительного времени торможения t_p , т. е.

$$t_{\text{тор}} = t_n + \sum t_i = t_n + \sum \frac{v_n - v_k}{3,6 \varepsilon_i}. \quad (54)$$

Расчет значений ε_i и $t_{\text{тор}}$ представляют в табличной форме (прил. 3); строят графические зависимости этих величин от скорости поезда.

Найденная величина среднего замедления не должна быть при высоких скоростях торможения более 2 м/с^2 ($0,2g$), а для грузового поезда в процессе остановочного торможения при пониженных скоростях движения — $4,9 \text{ м/с}^2$ ($0,5g$) [12].

Полученное время торможения для грузового поезда в зависимости от длины поезда (число осей) и вида торможения не должно быть более при полном служебном торможении (ПСТ) — 65 с, при экстренном торможении (ЭТ) — 55 с, а для пассажирского — 60 с [9].

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА ВАГОНОВ

(Отметка о зачете)

Рецензент

Студент

(ФИО)

(ФИО)

Подпись

Подпись

Дата

Дата

Адрес _____

2008 г

Расчет тормозного пути

$\psi_p = \frac{\dots}{\dots}$ $i = \frac{\dots}{\dots} \%$
 Торможение — (полное служебное, экстренное, автостопное)

| V_s км/ч | $\Phi_{сп}$ | $B_{т1}$ Н/т | $t_{т1}$ с | $S_{т1}$ м | $V_{сп}$ км/ч | $\Phi_{кр}$ | $B_{т2}$ Н/т | $w_{т2}$ Н/т | $w_{о2}$ Н/т | $w_{о2}''$ Н/т | $w_{о2}''$ Н/т | $w_{о2}'' + B_{т1} + i_e$ Н/т | $V_{т \rightarrow V_{кр}}$ | $41,7(V_{т \rightarrow V_{кр}})^2$ | $\Delta S_{т1}$ м | $S_{т1}$ м | $S_{т2}$ м |
|---------------|-------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------|---------------|
| 140 | | | | | 135 | | | | | | | | 140... 130 | 112590 | | | |
| 130 | | | | | 125 | | | | | | | | 130... 120 | 104250 | | | |
| 120 | | | | | 115 | | | | | | | | 120... 110 | 95910 | | | |
| 110 | | | | | 105 | | | | | | | | 110... 100 | 87570 | | | |
| 100 | | | | | 95 | | | | | | | | 100... 90 | 79230 | | | |
| 90 | | | | | 85 | | | | | | | | 90... 80 | 70890 | | | |
| 80 | | | | | 75 | | | | | | | | 80... 70 | 62550 | | | |
| 70 | | | | | 65 | | | | | | | | 70... 60 | 54210 | | | |
| 60 | | | | | 55 | | | | | | | | 60... 50 | 45870 | | | |
| 50 | | | | | 45 | | | | | | | | 50... 40 | 37530 | | | |
| 40 | | | | | 35 | | | | | | | | 40... 30 | 29190 | | | |
| 30 | | | | | 25 | | | | | | | | 30... 20 | 20850 | | | |
| 20 | | | | | 15 | | | | | | | | 20... 10 | 12510 | | | |
| 10 | | | | | 5 | | | | | | | | 10... 0 | 4170 | | | |

Примечания: 1. Для грузовых и пассажирских поездов $\xi = 12$ км/ч², для электровозов — $\xi = 11,9$ км/ч².

2. При определении $S_{т1}$ суммирование $\Delta S_{т1}$ производится снизу вверх в колонке $S_{т1}$ в строке, соответствующей начальной скорости торможения. Для последующего значения скорости торможения складывают все $\Delta S_{т1}$ снизу вверх, но без верхней цифры и полученную сумму записывают в колонке $S_{т1}$ под записанной ранее величиной. Дальнейшее суммирование выполняют аналогичным способом без учета каждой верхней цифры для последующих величин скоростей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчет замедлений и времени торможения

$i = \text{_____} \%$ $\vartheta_p = \text{_____}$

| $v_{сп},$ км/ч | $\frac{v_u^2 - v_k^2}{2 \cdot 3,6^2},$ м/с ² | $\Delta S_{it},$ м | $\epsilon_i,$ м/с ² | $\frac{v_u - v_k}{3,6},$ м/с ² | $t_i,$ с | $\Sigma t_{top},$ с |
|-------------------|--|-----------------------|-----------------------------------|--|-------------|------------------------|
| 135 | 104,17 | | | | | |
| 125 | 96,45 | | | | | |
| 115 | 88,73 | | | | | |
| 105 | 81,02 | | | | | |
| 95 | 73,30 | | | | | |
| 85 | 65,59 | | | | | |
| 75 | 57,87 | | | 2,7778 | | |
| 65 | 50,15 | | | | | |
| 55 | 42,44 | | | | | |
| 45 | 34,72 | | | | | |
| 35 | 27,00 | | | | | |
| 25 | 19,00 | | | | | |
| 15 | 11,57 | | | | | |
| 5 | 2,86 | | | | | |

Примечание. При определении Σt_{top} суммирование t_i производят снизу вверх (см. примечание к прил. 2) .

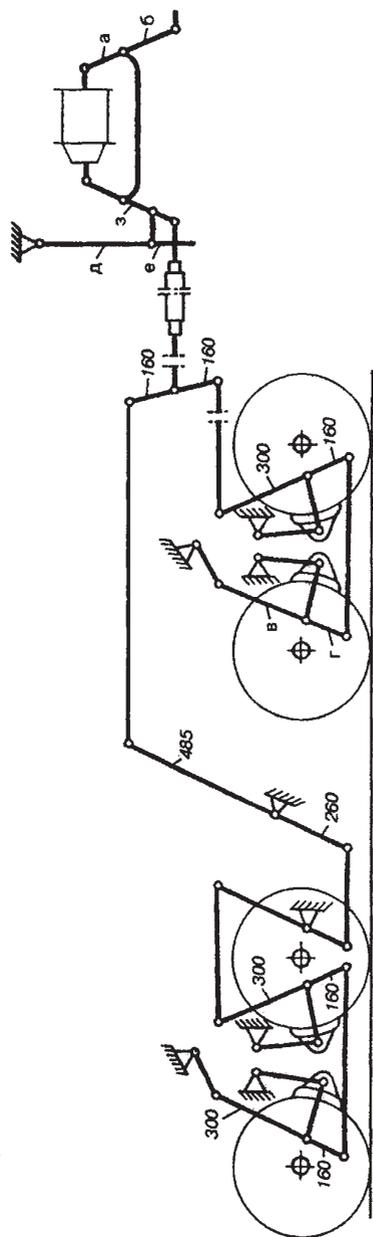


Рис. 1. Схема рычажной передачи восьмиосного полувагона (вторая тележка не показана)

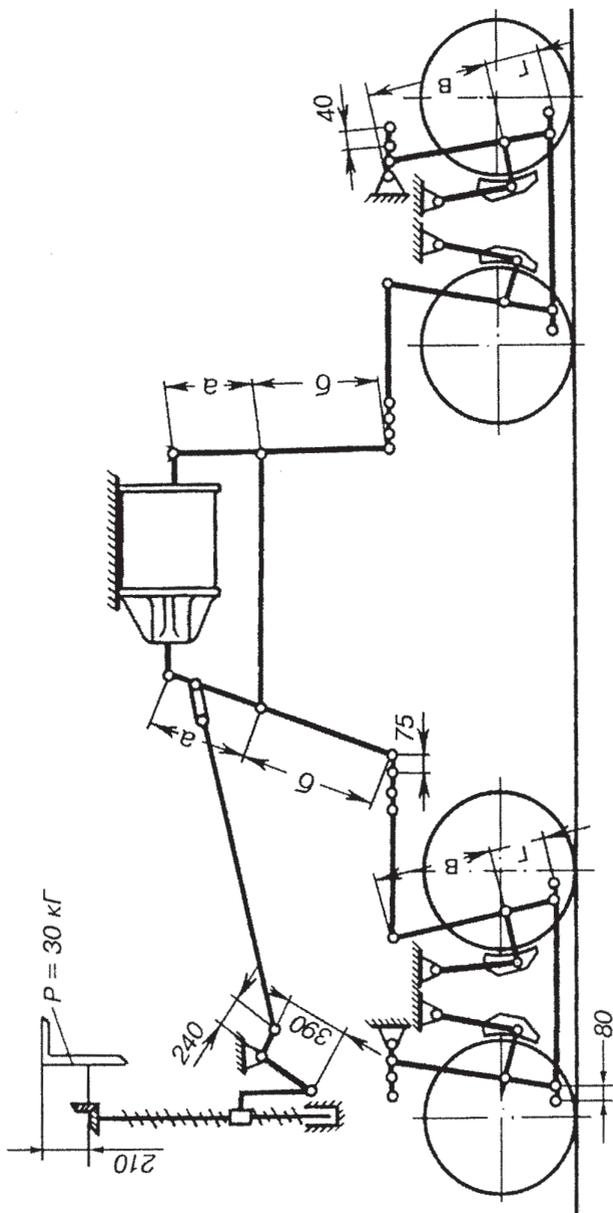


Рис.2. Схема рычажной тормозной передачи четырехосного грузового вагона

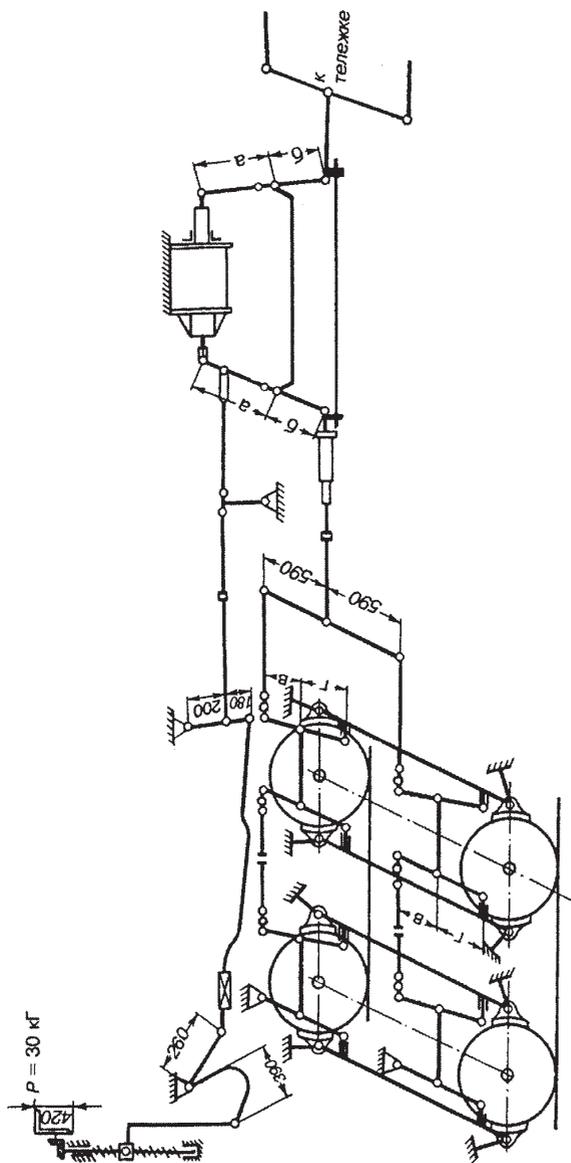


Рис. 3. Схема рычажной тормозной передачи четырехосного пассажирского и рефрижераторного вагонов
(вторая тележка не показана)

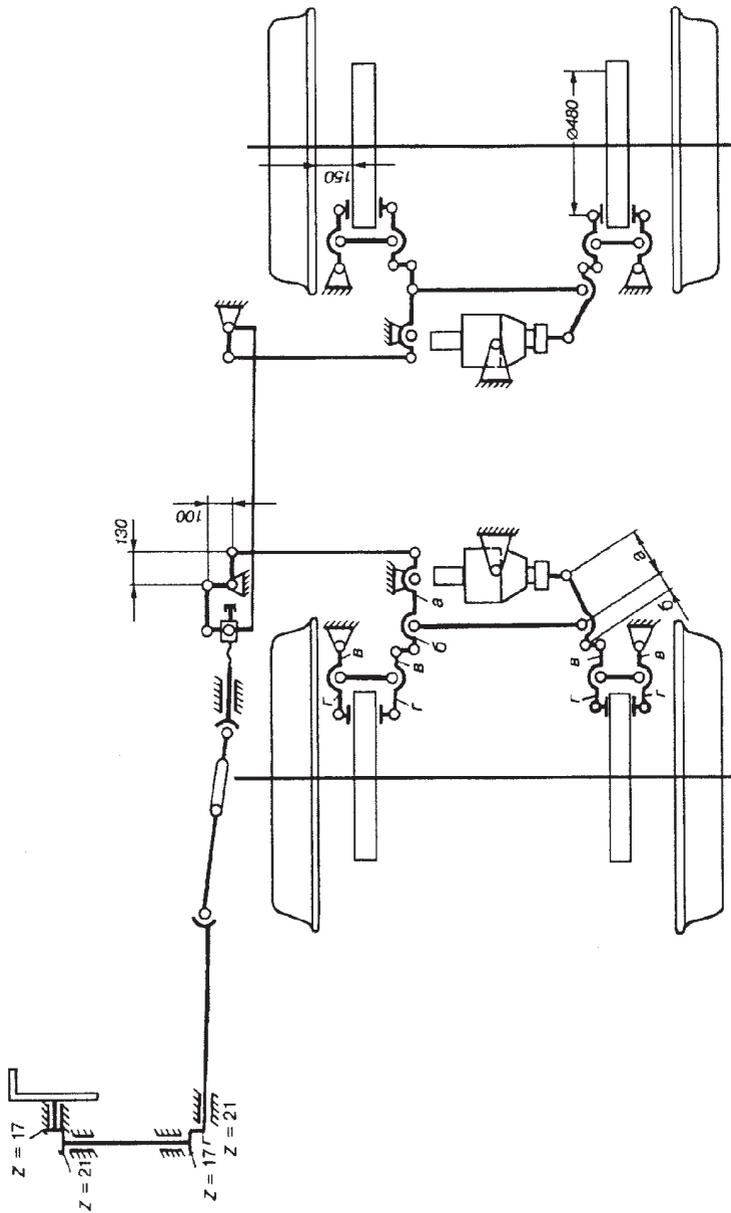


Рис. 4. Схема рычажной тормозной передачи тележки пассажирского вагона с дисковыми тормозом

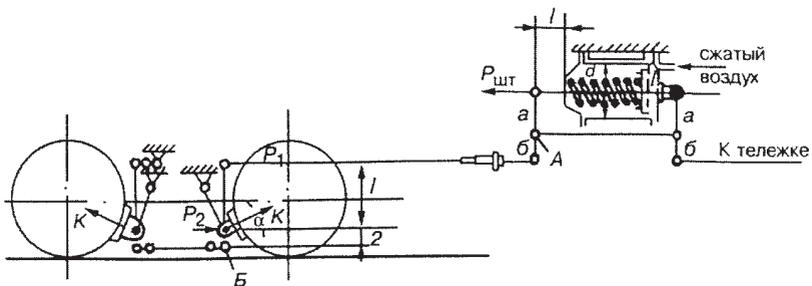


Рис.5. Схема рычажной тормозной передачи четырехосного грузового вагона и силы, действующей в ней

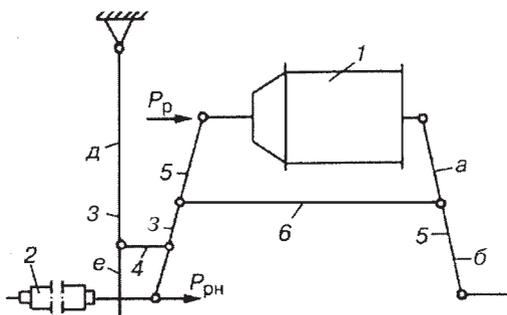


Рис. 6. Схема рычажного привода бескулисного авторегулятора рычажной тормозной передачи:

1— тормозной цилиндр; 2— авторегулятор; 3— рычаг привода; 4— распорка рычага привода; 5— горизонтальный рычаг; 6— затяжка горизонтальных рычагов

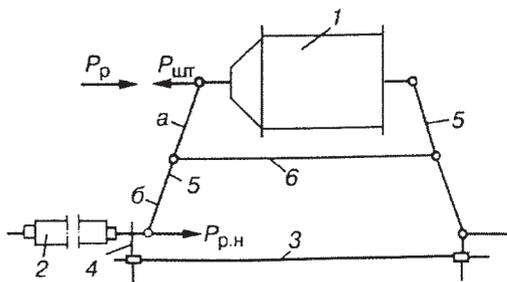


Рис. 7. Схема стержневого бескулисного авторегулятора рычажной тормозной передачи:

1— тормозной цилиндр; 2— авторегулятор; 3— стержень привода; 4— упор стержня привода; 5— горизонтальный рычаг; 6— затяжка горизонтальных рычагов

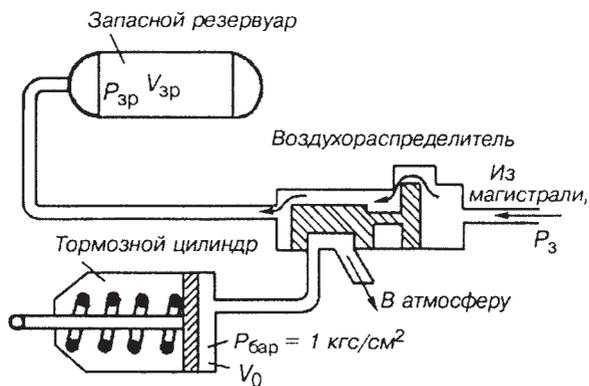


Рис. 8. Состояние воздушной части тормозной системы при отпуске

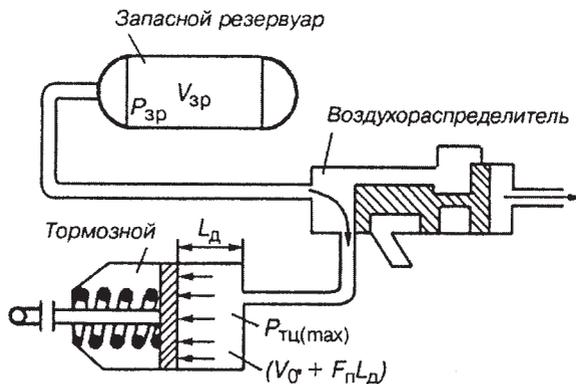


Рис. 9. Состояние воздушной части тормозной системы при торможении

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА ВАГОНОВ

Рабочая программа
и задание на курсовой проект
с методическими указаниями

Редактор *В.И.Чучева*
Компьютерная верстка *Л.В.Орлова*

Тип. зак.

Подписано в печать 20.04.08

Усл. печ. л. 3,0

Изд. зак.314

Гарнитура NewtonС

Тираж 500 экз.

Формат 60×90¹/₁₆

Издательский центр и Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2