

Э. И. ГАЛАЙ, Е. Э. ГАЛАЙ

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Конструкция тормозного оборудования

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Э. И. ГАЛАЙ, Е. Э. ГАЛАЙ

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

КОНСТРУКЦИЯ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве
учебного пособия для студентов высших учебных заведений
по специальностям «Подвижной состав железнодорожного транспорта»
и «Тяговый состав железнодорожного транспорта»*

Гомель 2010

УДК 629.4.077–592(075.8)
ББК 39.26
Г15

Р е ц е н з е н т ы: заведующий кафедрой «Тракторы» БНТУ д-р техн. наук,
профессор В. П. Бойков;
главный научный сотрудник Объединенного института
машиностроения НАН Беларуси чл.-кор., д-р техн. наук,
профессор Л. Г. Красневский

Галай, Э. И.

Г15 Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция
тормозного оборудования : учеб. пособие / Э. И. Галай, Е. Э. Галай ;
М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель :
БелГУТ, 2010. – 315 с.
ISBN 978-985-468-687-5

Описаны конструкции и действие автоматических тормозов железнодорожного подвижного состава, в частности, компрессорных установок, приборов управления и воздухораспределителей подвижного состава, применяемых на Белорусской железной дороге и железных дорогах стран СНГ.

Предназначено для студентов специальностей «Подвижной состав железнодорожного транспорта» и «Тяговый состав железнодорожного транспорта», слушателей факультета повышения квалификации специалистов железнодорожного транспорта и может быть использовано научными и инженерно-техническими работниками, связанными с проектированием, исследованиями и техническим обслуживанием тормозного оборудования.

УДК 629.4.077–592(075.8)
ББК 39.26

ISBN 978-985-468-687-5

© Э. И. Галай, Е. Э. Галай, 2010
© Оформление УО БелГУТ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Развитие железнодорожного транспорта происходит быстрыми темпами. В настоящее время достигнуты высокие скорости движения пассажирских поездов на западноевропейских железных дорогах. Планируется повышение скоростей на Белорусской железной дороге и дорогах России. В связи с этим повышаются требования к тормозам железнодорожного подвижного состава.

Тормоза являются одним из главных средств обеспечения безопасности движения поездов. Они оказывают непосредственное влияние на уровень пропускной и провозной способностей железной дороги.

Несмотря на широкое применение тормозной силы локомотивов с электродинамическим (реостатным или рекуперативным) торможением, пневматические тормоза являются тормозами безопасности для грузовых и пассажирских поездов.

Тормозная техника совершенствуется, однако тормозные приборы на массовых видах подвижного состава остаются прежними или претерпевают некоторую реконструкцию. Надо учитывать, что перевозки осуществляются сотнями тысяч грузовых вагонов и десятками тысяч пассажирских, работающих на железных дорогах стран СНГ и Балтии. Выпускаемые в настоящее время вагоны и локомотивы в большинстве своем оснащены тормозными приборами, которые будут работать еще не один десяток лет. Тем более, что новые, принципиально отличные от существующих, тормозные системы до настоящего времени не созданы или не апробированы. Надо полагать, пневматическим тормозам, которые уже полтора столетия доминируют на железнодорожном транспорте, замены не будет еще длительное время.

Мощность и эффективность тормозов определяются по трем основным показателям: скорость поезда, его вес и длина тормозного пути. Эти факторы являются доминирующими при выборе тормозных систем. Конструкция ходовых частей подвижного состава также должна создаваться с учетом тормозного оборудования. Существующие тормоза грузовых вагонов с односторонним нажатием колодок на колеса и колодочные тормоза определяют длину тормозного пути при чугунных и наиболее распространенных типах композиционных тормозных колодок.

На грузовых вагонах начали применяться многоцилиндровые тормозные системы, что упрощает рычажную передачу и делает её более надежной. В отличие от воздухораспределителей Западной Европы и США в странах СНГ применяются трехступенчатые воздухораспределители, изменяющие давление в тормозных цилиндрах в зависимости от установленного режима при загрузке вагона.

Развитие тормозной техники идет, главным образом, пока в одном направлении – совершенствование воздухораспределителей. Более широко развиваются приборы управления тормозами на современных локомотивах.

В учебном пособии рассматривается конструкция основных типов тормозных приборов, применяемых на локомотивах и вагонах Белорусской железной дороги, дорог СНГ и Балтии.

Цель пособия – подробно описать современную тормозную технику и показать возможные пути ее развития, нацелить будущих инженеров-механиков на работу по совершенствованию тормозных систем железнодорожного подвижного состава.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОРМОЗАХ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1.1 Особенности торможения поезда

Если выключить тяговые двигатели локомотива, то поезд еще долго будет продолжать движение по инерции. Расстояние, пройденное до полной остановки, будет зависеть от скорости поезда и его массы, а также от величины сил сопротивления движению. Например, при начальной скорости 90 км/ч грузовой поезд с выключенными двигателями будет двигаться по рельсовому пути около 20 минут и пройдет расстояние более 15 км. Если поезд идет под уклон, то без тормозов одного сопротивления движению может оказаться недостаточно, чтобы остановить поезд.

Понятно, что при таких условиях управлять движением поезда очень сложно, и невозможно гарантировать безопасность движения поездов. Для искусственного увеличения силы сопротивления движению применяют тормоза.

Таким образом, **тормоз** – это комплекс устройств, предназначенных для создания искусственного сопротивления движению с целью регулирования скорости или остановки, или удержания на месте транспортного средства.

Поезд состоит из локомотива и многих вагонов, поэтому передача сигналов управления тормозами представляет определенные трудности. Способы передачи сигналов могут быть разными. Это изменение давления сжатого воздуха в тормозной магистрали или электрический сигнал, поступающий по кабельной линии к тормозным устройствам на вагонах. Предпринимались попытки гидравлического управления действием тормозов по трубопроводам, наполненным машинным маслом, и передачи сигнала по радио.

В настоящее время для передачи сигнала на торможение или отпуск тормоза наиболее распространен *способ изменения давления в воздушной тормозной магистрали*. Исполнительные устройства в тормозной системе поезда размещены на некотором расстоянии друг от друга и сообщаются между собой и с устройством управления при помощи сигналов в пневматической системе. Этот способ имеет ряд положительных свойств:

- для управления тормозами используется возможность регулирования давления сжатого воздуха, получаемого при работе компрессора на локомотиве;
- полученный сжатый воздух используется и для создания тормозной силы;

– утечки воздуха из тормозной магистрали, избежать которых практически невозможно, не наносят ущерба окружающей среде;

– передача сигналов управления тормозами и обеспечение силовой энергией тормозных устройств могут осуществляться по одному воздухопроводу, которым оборудуются все вагоны.

Работа силовых устройств на единицах подвижного состава – прижатие тормозных колодок или накладок дискового тормоза – осуществляется с помощью механических рычажных передач, действующих от тормозных цилиндров, наполняемых сжатым воздухом. Этот способ торможения применяется с 70-х годов XIX столетия. В настоящее время, даже при использовании самых современных тормозных систем, способ управления тормозами и создания тормозной силы с помощью сжатого воздуха используется в качестве резервного при отказе других систем торможения или при разрыве поездов.

Автоматические тормоза железнодорожного подвижного состава являются основным средством, обеспечивающим безопасность движения поездов и непосредственно влияющим на пропускную и провозную способности железной дороги. От протяженности блок-участков между светофорами зависит количество поездов, которые могут одновременно находиться в движении на перегоне между станциями. А расстояние между светофорами устанавливают с учетом длины тормозного пути поезда при максимальной скорости движения.

Отличительной особенностью автоматического тормоза является его способность приходить в действие независимо от воли машиниста в случае аварии или при расцеплении вагонов в поезде.

1.2 Кинетическая энергия поезда, силы сопротивления движению

По своей природе действие тормозов сводится к гашению кинетической, а на спусках и потенциальной энергии поезда. Желательно, чтобы этот процесс происходил как можно быстрее.

Как известно, кинетическая энергия поезда складывается из энергии поступательного движения всей его массы и энергии вращательного движения колесных пар и тех деталей, которые связаны с ними. Общее количество кинетической энергии (Н·м), накопленной поездом, который движется с определенной скоростью,

$$\mathcal{E}_{\text{кин}} = \frac{M(v_{\text{н}}^2 - v_{\text{к}}^2)}{2}(1 + \gamma), \quad (1.1)$$

где M – масса поезда, кг;

v_n, v_k – скорость в начале и в конце торможения, м/с. В случае остановочного торможения $v_k = 0$;

γ – коэффициент, учитывающий инерцию вращательного движения колесных пар и деталей, непосредственно связанных с ними (шестерни и зубчатые колеса тяговых приводов локомотивов, якоря подвагонных генераторов с выключенной нагрузкой и др.). Определено, что для вагонов $\gamma = 0,06$, тепловозов – 0,12, электровозов – 0,08.

Более точно подсчитать увеличение кинетической энергии за счет инерции вращающихся масс можно, воспользовавшись формулой

$$\mathcal{E}_{\text{вр}} = \frac{\sum I_{pj} \omega_j^2}{2}. \quad (1.2)$$

В этой формуле I_{pj} – полярный момент инерции вращающейся детали, кг·м²; $I_{pj} = m_j \rho_j^2$; ω_j – угловая скорость вращения детали, рад/с,

$$\omega_j = \frac{\pi n_j}{30};$$

m_j – масса детали, кг; ρ_j – радиус инерции, м; n_j – частота вращения детали, 1/мин; j – номер детали.

Тогда кинетическая энергия поезда

$$\mathcal{E}_{\text{кин}} = \frac{M(v_n^2 - v_k^2)}{2} + \frac{\sum I_{pj} \omega_j^2}{2}. \quad (1.3)$$

На поступательное движение поезда оказывают влияние следующие внешние силы: сила тяги локомотива F , силы сопротивления W и тормозные силы B_T . При торможении тяговые двигатели обычно выключают, поэтому $F = 0$.

Силы сопротивления движению поезда принято разделять на основные и дополнительные, полные и удельные. К основным (основное сопротивление) относят силы, возникающие от трения в буксовых подшипниках колесных пар, при качении и проскальзывании колес по рельсам; от

8 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОРМОЗАХ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

рассеивания энергии за счет прогибов и колебаний рельсов, колебаний подвижного состава на рессорном подвешивании, от сопротивления воздушной среды и др.

Д о п о л н и т е л ь н ы е силы сопротивления возникают из-за кривых и уклонов (подъемов) пути.

П о л н ы е силы сопротивления измеряют в ньютонах (Н) или килоньютонах (кН), их принято обозначать большими буквами латинского алфавита (F, W, P и т. д.).

У д е л ь н а я сила сопротивления, или удельное сопротивление – это полная сила, приходящаяся на 1 т массы поезда. Единицей измерения удельной силы является ньютон, деленный на тонну (Н/т). Обозначаются удельные силы соответствующими малыми буквами латинского алфавита. Например, удельное основное сопротивление движению для вагонов – w_0'' , для локомотивов при выключенных тяговых двигателях – w_x .

Подсчет *удельного основного сопротивления* обычно выполняют по формуле

$$w_x (w_0'') = a + bv + cv^2, \quad (1.4)$$

где a, b, c – коэффициенты, полученные в результате опытов и зависящие от типа и конструкции единицы подвижного состава, нагрузки, приходящейся на колесную пару, и т. д.;

v – скорость движения поезда, км/ч.

Для электровозов и тепловозов на звеньевом железнодорожном пути

$$w_x = 24 + 0,11v + 0,0035v^2, \quad (1.5)$$

на бесстыковом пути –

$$w_x = 24 + 0,09v + 0,0035v^2, \quad (1.6)$$

для восьмиосных грузовых вагонов на звеньевом пути –

$$w_0 = 7 + \frac{60 + 0,38v + 0,021v^2}{q_0}; \quad (1.7)$$

где q_0 – нагрузка на ось – масса брутто, которая приходится на ось колесной пары вагона, т.

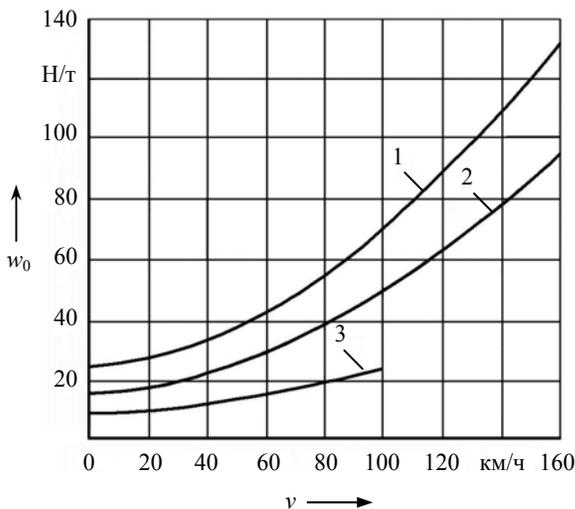
На рисунке 1.1 приведены графики зависимости удельного основного сопротивления от скорости для некоторых единиц подвижного состава.

Удельное дополнительное сопротивление от уклона железнодорожного пути является одной из характеристик потенциальной энергии поезда:

$$w_i = 10i, \tag{1.8}$$

где i – величина уклона, измеряемая в ‰ (промилле); на спусках берется со знаком минус, а на подъемах – со знаком плюс.

Рисунок 1.1 – Зависимость удельного основного сопротивления движению поезда от скорости:
 1 – электровозы на звеньевом пути; 2 – пассажирские вагоны; 3 – четырехосные грузовые вагоны на роликовых подшипниках, $q_0 = 22$ т/ось



Удельное дополнительное сопротивление от кривых при длине поезда менее или равной длине кривой (всегда положительное – со знаком плюс)

$$w_r = \frac{7000}{R}, \tag{1.9}$$

где R – радиус кривой железнодорожного пути, м.

При расчетах, требующих повышенной точности, а также при проектировании железных дорог для всех видов подвижного состава удельное сопротивление от кривых определяют по формулам:

– при длине поезда менее или равной длине кривой $l_{кр}$ –

$$w_r = \frac{2000}{R} + 15 \tau_k; \tag{1.9'}$$

10 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОРМОЗАХ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

– при длине поезда l_{Π} более длины кривой $l_{кр}$ –

$$w_r = \left(\frac{2000}{R} + 15 \tau_k \right) \frac{l_{кр}}{l_{\Pi}}, \quad (1.9'')$$

где τ_k – непогашенное ускорение в кривой, м/с^2 ,

$$\tau_k = \frac{v^2}{13R} - \frac{hg}{s_k};$$

h – возвышение наружного рельса, мм;

s_k – расстояние между кругами катания колесных пар (для колеи 1520 мм $s_k = 1600$ мм);

g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

В «Правилах тяговых расчетов ...» приведены также формулы для расчетов удельного сопротивления от подвагонных генераторов пассажирских вагонов при скоростях 20 км/ч и более:

$$w_{\text{пг}} = \frac{1360P}{q_0 v},$$

где P – средняя условная мощность подвагонного генератора, приходящаяся на один вагон поезда, кВт;

v – скорость движения, км/ч.

При низких температурах наружного воздуха от минус 30 до минус 60 °С дополнительное сопротивление увеличивается до 17 % для грузовых вагонов и до 15 % – для пассажирских.

Значительное влияние на движение поезда оказывает ветровая нагрузка. Однако при тормозных расчетах она, как правило, не учитывается, поскольку влияние ветра может быть противоположным по значению даже на одном и том же перегоне. Перечень участков и скорости ветра, используемые при выполнении расчетов, устанавливаются руководством дороги.

1.3 Уравнение движения поезда при торможении

Для его вывода используют теорему об изменении кинетической энергии механической системы, которую изучают в теоретической механике.

Если перемещать систему из одной точки пространства в другую, изменение ее кинетической энергии будет равно сумме работ внутренних и внешних сил, действующих на систему на расстоянии этого перемещения.

Поскольку поезд принято считать системой неизменной, то при определении его кинетической энергии в расчет принимают только внешние силы. В случае остановочного торможения ($v_k = 0$)

$$\frac{Mv_n^2}{2}(1+\gamma) = (W_o + B_T \pm W_i + W_r) s_d, \quad (1.10)$$

где W_o, B_T, W_i, W_r – соответственно полные силы основного сопротивления, тормозная и дополнительные – от уклонов (подъемов и спусков) и кривых;

s_d – тормозной путь, пройденный поездом за время действия тормозов.

Чтобы перейти к удельным силам, разделим правую и левую части уравнения (1.10) на массу поезда, измеренную в тоннах. Тогда

$$500v_n^2(1+\gamma) = (w_o + b_T \pm w_i + w_r) s_d, \quad (1.11)$$

где w_o, b_T, w_i, w_r – удельные силы – основного сопротивления, тормозная, от уклонов и от кривых.

Уравнение (1.11) используется для определения длины тормозного пути, времени торможения, замедления (отрицательного ускорения) и других параметров движения поезда при тормозных расчетах.

Поскольку силы, действующие на поезд при торможении, являются переменными, зависящими от скорости движения, то уравнение (1.11) можно записать в дифференциальном виде – *ускорение движения тормозящегося поезда равно сумме удельных сил, умноженной на ускорение от единичной удельной силы:*

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\zeta}{1+\gamma}(w_o + b_T \pm w_i + w_r), \quad (1.12)$$

где v – скорость движения;

t – время торможения;

ζ – ускорение от действия единичной удельной силы;

γ – коэффициент инерции вращающихся масс в поезде.

Здесь ζ играет роль размерного коэффициента, зависящего от системы единиц, в которой представлены удельные силы.

1.4 Классификация тормозов железнодорожного подвижного состава

Тормоза рельсового подвижного состава, используемые в настоящее время, можно классифицировать по следующим признакам:

а) *способу гашения кинетической энергии* (создания тормозной силы) – фрикционные, электродинамические и гидродинамические, с использованием вихревых токов, аэродинамические. В свою очередь фрикционные тормоза могут быть колодочными, дисковыми, барабанными и рельсовыми;

б) *способу управления* – ручные, пневматические (сжатого воздуха и вакуумные), электропневматические, электрические;

в) *виду энергии*, которая применяется для создания тормозной силы, – с использованием мускульной силы человека, потенциальной энергии сжатого воздуха, электроэнергии, а также инерционных сил и с использованием основного сопротивления движению;

г) *назначению* – стояночные, грузовые, пассажирские, скоростные пассажирские и комбинированные грузопассажирские;

д) *свойствам системы управления* – неавтоматические, автоматические, которые приходят в действие при аварии независимо от воли машиниста;

е) *свойствам системы питания тормозных цилиндров* – прямодействующие и непрямодействующие.

Непрямодействующий тормоз характеризуется тем, что питание тормозных цилиндров сжатым воздухом во время торможения осуществляется из запасных резервуаров, не получающих дополнительной подпитки.

Пневматические тормоза, которые являются основным типом тормозов железнодорожного подвижного состава, различают также по способности поддерживать заданную величину давления в тормозных цилиндрах независимо от его плотности – *неистоцимый* и *истоцимый* тормоза, а также по характеристике действия – *мягкие*, *полужесткие* и *жесткие*, что определяется рядом свойств тормоза.

На железнодорожном транспорте наиболее распространены фрикционные колодочные тормоза. Они используются на локомотивах, грузовых вагонах и на большинстве пассажирских вагонов.

На вагонах, предназначенных для скоростного движения, используются дисковые тормоза, тормозная сила которых создается за счет прижатия специальных фрикционных накладок к поверхности тормозных дисков, закрепленных на колесной паре. Такими тормозами могут быть оснащены также вагоны поездов метрополитена, дизель-поездов и некоторых электропоездов и вагоны трамвая.

На ряде железных дорог Западной Европы, в частности в Англии, дисковые тормоза применяются и на грузовых вагонах.

Магниторельсовые тормоза и тормоза на вихревых токах используются на скоростном подвижном составе, а электродинамические – на локомотивах и тяговом подвижном составе с электрическими тяговыми двигателями.

1.5 Этапы развития тормозных систем подвижного состава

Развитие тормозной техники неразрывно связано с созданием и совершенствованием подвижного состава железнодорожного транспорта. В создании и конструктивном совершенствовании тормозов локомотивов и вагонов можно выделить **три этапа**:

I – использование индивидуальных ручных тормозов и механических тормозов, управляемых с локомотива;

II – применение тормозов с пневматическим приводом;

III – дальнейшее совершенствование тормозной техники.

Началом первого этапа можно считать период, когда по рельсовым путям начали курсировать поезда с паровыми локомотивами. Первая линия регулярных железнодорожных сообщений была открыта Джорджем Стефенсоном (1781–1848 гг.) между городами Дарлингтон и Стоктон в Англии в 1825 г.

Русские изобретатели отец и сын Черепановы построили первый российский паровоз в 1833–1834 гг. и использовали его на рудничной железной дороге длиной 3,5 км.

Локомотивы и вагоны этого времени имели **автоматический ручной тормоз**, позаимствованный с экипажей гужевого транспорта.

Паровой тормоз был применен *Д. Стефенсоном* на паровозе «Ракета» в 1833 г.

В 40-х годах XIX столетия кроме паровых тормозов начали использоваться **механические тормоза централизованного управления**, например, инерционный тормоз *Лохриджа–Геберлейна*. Широкого распространения эти тормоза не получили. Первый этап закончился с началом использования сжатого воздуха в тормозных системах поездов.

Естественно, приведенная классификация тормозов при изучении истории их развития достаточно условна, так как тот же ручной тормоз используется и в настоящее время на локомотивах и вагонах, хотя функции его в значительной мере изменились – теперь это стояночный тормоз транспортного средства.

Через все этапы прошли фрикционные колодочные тормоза: они применяются и с ручным, и с механическим, и с пневматическим приводами.

Уже более 140 лет сжатый воздух используется для создания тормозной силы и передачи сигналов управления к тормозам вагонов в поезде. Первые удачные пробы использования сжатого воздуха в тормозной системе, сделанные в 1868 году, означали начало второго этапа развития тормозов. Патент на эту систему был получен в 1869 г. *Джорджем Вестингаузом* (1846–1914 гг.). Сначала это был неавтоматический тормоз, а с 1872 г. начал свое триумфальное шествие по железным дорогам всего мира а в т о м а т и ч е с к и й в о з д у ш н ы й тормоз, также впервые внедренный Д. Вестингаузом. И хотя у него, безусловно, были предшественники и изобретатели-современники, заслуга Вестингауза в том, что он сумел решить сложные научные, технические и организационные проблемы и разработать тормоз, пригодный для широкого применения на железнодорожном транспорте.

Современные п н е в м а т и ч е с к и е тормоза грузовых и пассажирских поездов в основе своей имеют принцип действия автоматического тормоза Вестингауза.

Уже в начале XX века во всем мире было более десятка разных систем автоматических воздушных тормозов, которые отличались конструкцией и скоростью протекания процессов торможения и отпуска. Проводились испытания с электропневматическими и электрическими тормозами. Совершенствование их продолжается до настоящего времени.

На железных дорогах Российской империи первые пневматические тормоза опробованы в 1876 г., а с 1882 г. началось широкое использование тормозов разных типов: Вестингауза, Гарди, Фив-Лилль, Нью-Йорк и других.

Р о с с и й с к и е у ч е н ы е и к о н с т р у к т о р ы, в том числе и белорусского происхождения, внесли весомый вклад в развитие науки о тормозах и тормозной технике. Широко известны научные работы профессоров *Н. П. Петрова*, *С. П. Гомелля* по расчету нажатия тормозных колодок, которые положили начало науке о торможении. Одним из первых изобретателей тормозов в России был машинист депо Челкар Ташкентской железной дороги *Ф. П. Казанцев* (1877–1940 гг.), который еще в 1909 г. разработал оригинальный пневматический тормоз. Но до революции 1917 г. отечественные тормоза на российских железных дорогах признания не получили. В этом проявились консерватизм и косность власть предержащих, их недоверие к

отечественным талантам, их ролеопение перед всем иностранным, истоки которого лежат в политике Петра I и его наследников.

После Октябрьской революции, когда связи с зарубежьем были во многом утеряны, уже в 20-х годах в СССР был сделан важный шаг к переходу на отечественные конструкции тормозов. Тормоз Ф. П. Казанцева был лучшим при испытаниях с участием широко известных тормозов германской фирмы Кунце-Кнорр и был принят для внедрения на грузовых поездах. В 1929–1931 гг. проводились новые испытания уже только советских изобретателей Казанцева, Матросова и Карвацкого. Лучшим показал себя тормоз *И. К. Матросова* (бывшего техника паровозных мастерских) с воздухораспределителем М-320.

В послевоенный период в СССР изготавливались исключительно воздухораспределители Матросова и их усовершенствованные модификации.

Считают, что начало третьего этапа развития тормозов совпадает с окончанием Второй мировой войны, когда появились воздухораспределители французской фирмы *Шармилль*. В их конструкции использованы новые технические решения по основным узлам и элементам, а именно резиновые диафрагмы и клапаны вместо поршней и золотников. Однако необходимо отметить, что в это время в СССР уже около 20 лет использовались воздухораспределители серии К (Казанцева), полностью построенные по новой концепции – клапанный-диафрагменной конструкции. К сожалению, эта конструкция затем была незаслуженно забыта: монопольное преимущество имели приборы золотниково-поршневой конструкции Матросова. И только в 1976 году начался поворот к д и а ф р а г м е н н ы м к о н с т р у к ц и я м (воздухораспределители № 270-005 и 483).

Как это случалось не единожды (в Российской империи или в СССР), первенство отечественных изобретателей и в этой отрасли науки и техники не было признано.

Существенной чертой нового этапа развития тормозной техники железнодорожного подвижного состава является широкое внедрение электронных устройств в системах управления тормозами, а также при регулировании тормозной силы в зависимости от загрузки вагонов и скорости движения. Для высокоскоростных пассажирских поездов разработаны устройства, которые предупреждают заклинивание колесных пар при нарушении сцепления с рельсами. Внедряются принципиально новые виды тормозов, мощность которых не зависит от условий сцепления колес с рельсами, – электромагнитные и вихретоковые рельсовые тормоза.

Тяговые единицы подвижного состава – электровозы, тепловозы, моторные вагоны – оснащаются э л е к т р о д и н а м и ч е с к и м и тормозами (реостатными или рекуперативными).

На железных дорогах бывшего СССР почти все грузовые и часть пассажирских вагонов оборудованы композиционными (из искусственных материалов) тормозными колодками вместо повсеместно используемых чугунных.

В настоящее время усилия ученых и конструкторов направлены на увеличение эффективности тормозных систем за счет оптимального использования запаса по сцеплению колес с рельсами. Широко применяются искусственные материалы и легкие сплавы в конструкциях тормозных устройств и приспособлений. Разработку и производство тормозного оборудования ведут многие фирмы. Наиболее известные из них: Westinghouse в США и Англии; Oerlikon в Швейцарии; SAB в Швеции; Knorr-Bremse в Германии; ДАКО в Чехии и Словакии, Faiveley в Бельгии и Франции.

В последние годы повсеместно в мире наметилась тенденция к концентрации выпуска тормозного оборудования. Крупнейшей компанией-поставщиком является Knorr-Bremse, которая присоединила отделения фирмы Westinghouse Brakes. Шведская компания SAB Wabco также образовала межнациональную корпорацию по созданию тормозных приборов.

В бывшем СССР разработкой новой тормозной техники и выпуском воздухораспределителей, кранов машиниста и другого оборудования занимаются московский завод «Трансмаш» и завод в г. Первомайск, харьковская корпорация ФЭД на Украине, а научные исследования по тормозной тематике ведутся в ЦНИИ железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ), в ряде высших учебных заведений, в том числе и в Белорусском государственном университете транспорта (БелГУТ), на вагоно- и локомотивостроительных заводах.

1.6 Принцип действия пневматических тормозов

Наиболее распространены на железнодорожном подвижном составе колodочные и дисковые тормоза с пневматическим приводом. Особенностью этих тормозов является использование воздуха, сжатого до 0,4–0,62 МПа для передачи сигналов управления и создания силы нажатия тормозных колодок, которые прижимаются к поверхности катания колесных пар, или накладок дискового тормоза (тормозной силы).

Неавтоматический прямодействующий тормоз. Схема тормоза приведена на рисунке 1.2. Сжатый воздух от компрессора К накапливается в главном резервуаре ГР. Если повернуть ручку крана машиниста КМ в тормозное положение, то откроется канал, который соединяет главный резервуар и тормозную магистраль ТМ. Сжатый воздух наполнит тормозные цилиндры ТЦ, передвигая поршни и рычажную передачу, которая передает силу нажатия на тормозные колодки ТК.

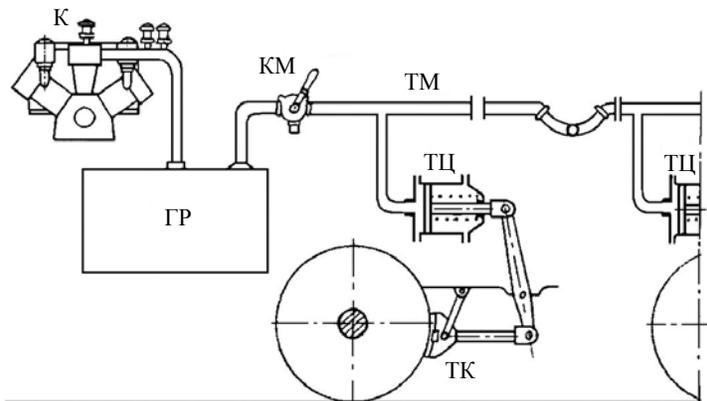


Рисунок 1.2 – Неавтоматический прямодействующий тормоз поезда

Таким образом, неавтоматический тормоз приходит в действие при повышении давления в тормозной магистрали ТМ, непосредственно связанной с тормозными цилиндрами ТЦ. Величина давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах, а значит, и сила нажатия колодок ТК, регулируется в зависимости от времени удержания ручки крана КМ в тормозном положении.

Это так называемый прямодействующий тормоз. Утечки сжатого воздуха из рабочей камеры тормозного цилиндра ТЦ через неплотности манжеты поршня могут компенсироваться за счет поступления воздуха из главного резервуара ГР через кран машиниста КМ и тормозную магистраль ТМ. Благодаря этому данный тормоз является неисчерпаемым (неистошимым) при максимальном давлении в ТЦ, что гарантирует его надежную работу в случае длительного торможения на уклонах железнодорожного пути.

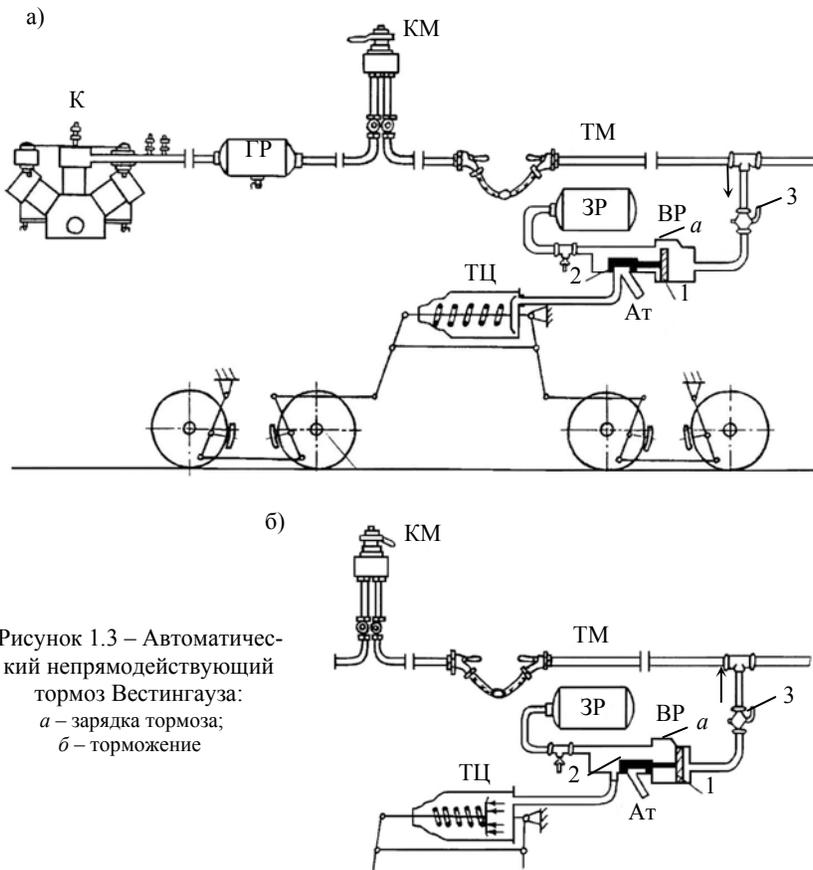
К недостаткам тормоза можно отнести:

- неавтоматичность – при разъединении рукавов поезда происходит отпуск тормозов (растормаживание);
- зависимость времени наполнения тормозного цилиндра сжатым воздухом и величины давления в нем от того, на каком расстоянии от локомотива находится вагон. Это приводит к неодновременному возрастанию тормозной силы в голове и хвосте поезда и возникновению значительных продольно-динамических сил между вагонами при торможении.

В настоящее время такие тормоза используются только для оснащения автономных единиц подвижного состава – дрезин, мотовозов, а также в качестве вспомогательного тормоза локомотивов.

Автоматический непрямодействующий тормоз. Этот тормоз, сконструированный Вестингаузом, открыл эпоху автоматических воздушных тормозов. И до настоящего времени схема тормоза и принцип его действия являются основой, на которой построены современные железнодорожные тормоза с использованием сжатого воздуха.

Работа автоматического непрямодействующего тормоза (рисунок 1.3) основана на использовании воздухораспределителя ВР и запасного резервуара ЗР, которыми оборудованы все локомотивы и вагоны. Управление осуществляется путем изменения давления сжатого воздуха в магистральном трубопроводе (тормозной магистрали) ТМ.



Действию тормоза предшествует процесс зарядки магистрали ТМ и резервуара ЗР сжатым воздухом. Во время зарядки увеличивается давление в полости справа (по рисунку 1.3) от поршня 1 воздухораспределителя ВР, и поршень перемещается в крайнее левое положение вместе с золотником 2. При этом открывается канал *a*, которым соединяются между собой магистраль ТМ и резервуар ЗР. Сообщение с магистралью может быть перекрыто разобщительным краном 3, тогда тормоз данного вагона будет отключен. При перемещении поршня 1 с золотником 2 влево золотник своей выемкой соединяет тормозной цилиндр с атмосферой. Поэтому во время зарядки тормоз находится в состоянии отпуска (растормаживание). Это состояние сохраняется и после того как давление в резервуаре ЗР достигает зарядной величины (равной давлению в тормозной магистрали ТМ). С этого момента поршень 1 воздухораспределителя ВР находится в состоянии неустойчивого равновесия, поскольку давления справа и слева от поршня одинаковые.

Магистраль ТМ и запасный резервуар соединены между собой каналом с калиброванным отверстием *a* в воздухораспределителе. Канал имеет небольшое проходное сечение и, соответственно, малую пропускную способность, поэтому при медленном снижении давления в ТМ и в полости справа от поршня 1 воздух успевает перетекать из резервуара ЗР назад в магистраль ТМ, и поршень 1 остается в крайнем левом положении, а тормоз – в состоянии отпуска.

Нечувствительность воздухораспределителя ВР к разрядке тормозной магистрали ТМ медленным темпом называется *мягкостью тормоза* (мягкостью воздухораспределителя).

Тормоз приходит в действие, когда давление в магистрали ТМ понижается соответствующим быстрым темпом так, что воздух из запасного резервуара не успевает перетекать в полость справа от поршня 1 через калиброванное отверстие *a*, и поршень перемещается вправо вместе с золотником 2.

Понижение давления в тормозной магистрали может происходить в результате действий машиниста по управлению поездом или в результате аварии, когда происходит разрыв воздухопровода ТМ. Снижение давления в ТМ быстрым темпом происходит также при открытии стоп-крана.

Перемещение поршня 1 воздухораспределителя с золотником 2 вправо сопровождается перекрытием канала *a*, и запасный резервуар оказывается отключенным от тормозной магистрали. Одновременно тормозной цилиндр ТЦ соединяется с резервуаром ЗР, и сжатый воздух из этого резервуара будет перетекать в тормозной цилиндр до тех пор, пока давление в ЗР получится несколько ниже, чем в ТМ. Тогда поршень 1 передвинет влево золотник 2, который перекроет поступление сжатого воздуха из запасного резервуара ЗР в тормозной цилиндр ТЦ.

Таким образом, можно получить большую или меньшую величину давления в тормозном цилиндре, регулируя снижение давления – разрядку тормозной магистрали.

Отпуск тормоза и подготовка к следующему торможению происходят, если перевести ручку крана машиниста КМ в положение, при котором воздух из главного резервуара ГР будет перетекать в тормозную магистраль ТМ, повышая давление в ней. Одновременно повысится давление справа от поршня 1, который вместе с золотником 2 переместится влево, соединяя рабочую камеру тормозного цилиндра ТЦ с атмосферой. Поскольку в процессе торможения величина давления справа и слева от поршня 1 оказалась одинаковой, то для перехода поршня в крайнее левое положение и полного отпуска тормоза достаточно незначительного повышения давления в магистрали ТМ, которое происходит при соответствующем положении ручки крана машиниста КМ.

Положительной особенностью этого тормоза является его автоматичность, поскольку на торможение он срабатывает при понижении давления в тормозной магистрали. В сравнении с неавтоматическим тормозом, он также имеет следующие **д о с т о и н с т в а**:

- значительно лучшая чувствительность к сигналам управления (повышению или снижению давления в ТМ);
- большая скорость распространения тормозной волны по длине поезда;
- меньшая разница во времени наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом в головной и хвостовой частях поезда;
- величина давления в тормозных цилиндрах всех вагонов примерно одинаковая, поэтому продольно-динамические силы в автосцепках значительно меньше при одинаковой длине поезда.

Этот тормоз непрямодействующий, поскольку при утечках воздуха из тормозного цилиндра его пополнение осуществляется только из запасного резервуара. Тормоз является истощимым, так как запасный резервуар ЗР в процессе торможения отключен от тормозной магистрали ТМ.

Автоматический прямодействующий тормоз. Схему (рисунок 1.4) и действие этого тормоза рассмотрим на примере диафрагменного прибора выдающегося русского изобретателя Ф. П. Казанцева (воздухораспределитель типа К).

В корпусе воздухораспределителя ВР смонтированы три гибкие резиновые диафрагмы, связанные между собой толкателем 2, в котором просверлен осевой канал *а*. Диафрагмы могут прогибаться вправо или влево в зависимости от давления сжатого воздуха в камерах С, М и Т. Камера С соединена с дополнительным резервуаром ДР, а камера М – с тормозной магистралью ТМ и через обратный клапан 3 – с запасным резервуаром ЗР. Тормозная

камера Т постоянно соединена с рабочей полостью тормозного цилиндра ТЦ, независимо от того, в каком состоянии находится тормоз.

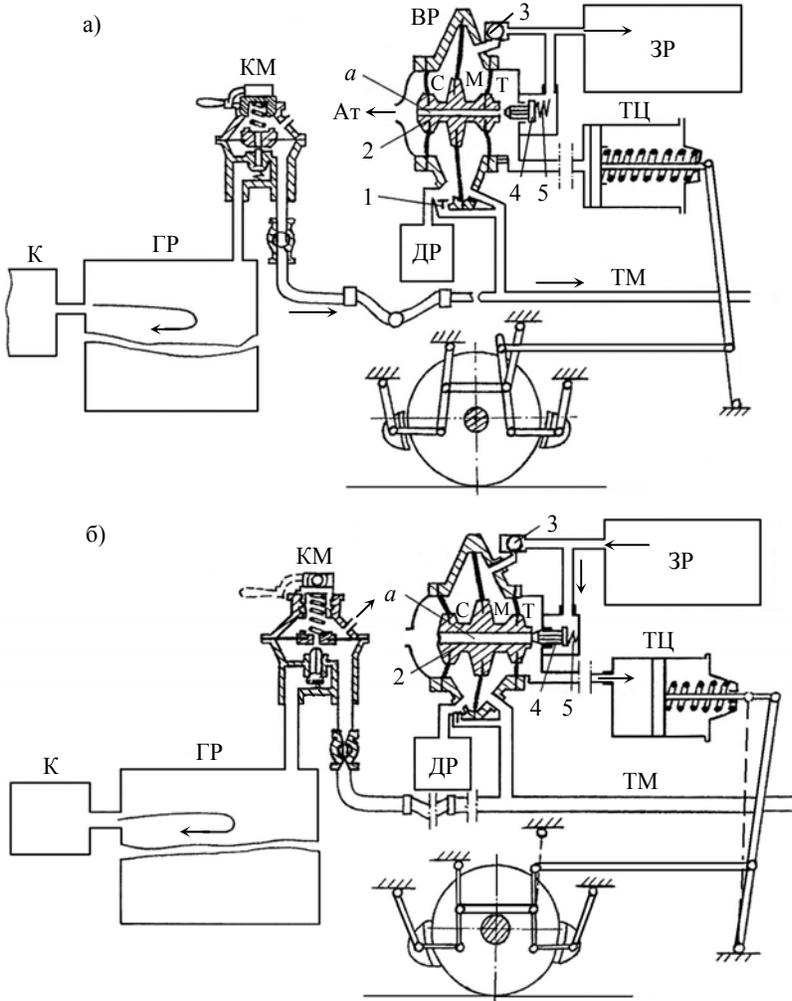


Рисунок 1.4 – Автоматический прямодействующий тормоз системы Казанцева:

a – в фазе зарядки; *б* – в фазе торможения

При повышении давления в магистрали ТМ во время зарядки тормозов (см. рисунок 1.4, *а*) сжатым воздухом заполняются камера С и дополнительный резервуар через клапан 1 и камера М – непосредственно из тормозной магистрали. Запасный резервуар заряжается через обратный клапан 3. Тормозной цилиндр ТЦ и камера Т в это время соединены с атмосферой через осевой канал *а*.

Обратный клапан 3 пропускает сжатый воздух только в одном направлении – из камеры М и магистрали ТМ в резервуар ЗР. Это происходит в том случае, если давление в ЗР меньше, чем в ТМ. Благодаря этому давление в запасном резервуаре и давление в нем не зависят от положения диафрагм и толкателя 2, а только от наличия сжатого воздуха в тормозной магистрали.

В конце зарядки давления в камерах М и С выравниваются, комплект диафрагм переходит в среднее положение и находится в состоянии неустойчивого равновесия.

Торможение (см. рисунок 1.4, *б*) происходит при снижении давления в тормозной магистрали любым (даже медленным) темпом. По этому свойству тормоз принадлежит к числу жестких тормозов. Одновременно со снижением давления в тормозной магистрали будет уменьшаться давление в камере М, комплект диафрагм вместе с толкателем 2 будет отклоняться вправо, так как в камере С сохраняется зарядное давление.

Величина давления в камере Т и тормозном цилиндре ТЦ зависит от глубины разрядки магистрали ТМ и камеры М.

По мере того как повышается давление в тормозном цилиндре и в камере Т, комплект диафрагм будет отклоняться влево в среднее положение. Одновременно закроется клапан 4 под воздействием пружины 5.

При неизменном давлении в камерах С, М, Т комплект диафрагм находится в неустойчивом равновесии и клапан 4 закрыт подпружиненным толкателем клапана, закрыт также осевой канал *а* наконечником клапана 4.

Если из-за неплотности манжет тормозного цилиндра ТЦ давление в его рабочей полости будет снижаться, то одновременно понизится давление в камере Т, и комплект диафрагм снова отклонится влево, открывая клапан 4, через который произойдет пополнение тормозного цилиндра ТЦ из запасного резервуара, который в свою очередь питается из тормозной магистрали, как показано на рисунке 1.4, *б*. Одновременно наконечником клапана 4 будет закрыт осевой канал в толкателе 2.

Таким образом, у этого тормоза при недостатке сжатого воздуха в запасном резервуаре ЗР питание тормозного цилиндра ТЦ во время торможения осуществляется за счет неограниченного количества воздуха, подаваемого компрессором К в главный резервуар ГР и через кран машиниста КМ в тормозную магистраль ТМ. *Тормоз является неисчерпаемым (неистощимым).*

По международной классификации неистошимый тормоз имеет такую особенность, что его полный отпуск наступает в том случае, когда запасный резервуар вновь пополнится сжатым воздухом, и тормоз будет готов к очередному торможению.

Другой положительной чертой прямодействующего неистошимого тормоза является возможность проводить регулирование тормозной силы в сторону ее уменьшения, повышая соответственно величину давления в тормозной магистрали.

Однако полное растормаживание описанного тормоза Казанцева происходит только при увеличении давления в тормозной магистрали почти до зарядного, поэтому очень замедляется отпуск тормозов в хвостовых частях поезда.

Характерной чертой воздухораспределителя системы Казанцева, который разработан в 20-х годах XX столетия, является клапанно-диафрагменная конструкция. Как известно, клапанно-диафрагменный прибор системы Шармилль (Франция) появился только в 1947 году.

1.7 Свойства системы управления автоматическими тормозами

По приведенной выше (см. п. 1.4) классификации пневматические тормоза относятся к разрядам *мягких*, *полужестких* и *жестких*.

Обобщая сведения, изложенные при рассмотрении схемы действия пневматических тормозов, можно выделить следующие наиболее примечательные черты каждого из этих типов тормозов.

Мяжкими называются тормоза, которые:

– могут действовать при различных величинах зарядного давления в тормозной магистрали;

– при медленном темпе снижения давления в магистрали (обычно при $dp/dt < 0,03$ МПа/мин) в действие не приходят;

– при небольшом (примерно 0,020–0,025 МПа) повышении давления в магистрали ТМ после торможения полностью растормаживают (говорят, что тормоз имеет *р а в н и н ы й* режим отпуска).

Мяжкие тормоза применяются на железных дорогах, на которых нет крутых затяжных спусков, а значит, отсутствует риск истощения тормозов из-за утечек в тормозной системе при затяжных торможениях. Легкость отпуска упрощает задачу управления тормозами, особенно в тяжелых многовагонных поездах, так как благодаря такому свойству значительно сокращается время между началом отпуска тормозов и моментом, когда поезд может снова набирать скорость.

Полужесткий тормоз отличается от мягкого тем, что для полного растормаживания необходимо повышение давления в тормозной магистрали почти до зарядной величины (ниже на 0,01–0,02 МПа). Этот тормоз может действовать в режиме ступенчатого уменьшения давления в тормозных цилиндрах во время растормаживания. Каждой ступени повышения давления в тормозной магистрали после торможения соответствует ступень понижения давления в тормозных цилиндрах – тормоз имеет **г о р н ы й** режим отпуска.

Полужесткие тормоза используются на тех железных дорогах, где имеются крутые затяжные уклоны и необходимо регулировать скорость движения поезда на этих уклонах, увеличивая или, наоборот, уменьшая тормозную силу. Некоторые воздухораспределители имеют возможность переключения на горный или равнинный режим действия.

Жесткие тормоза:

- действуют только при точно определенной величине зарядного давления в тормозной магистрали;
- при понижении давления в магистрали ниже зарядного любым темпом (даже самым медленным) срабатывают на торможение;
- обеспечивают при каждой величине давления в тормозной магистрали при его снижении или повышении соответствующую определенную величину давления в тормозном цилиндре;
- создают полное растормаживание после повышения давления в тормозной магистрали до зарядной величины.

Жесткие тормоза используются только на некоторых, наиболее сложных, затяжных уклонах крутизной выше 0,04 (40 ‰).

Из рассмотренных нами ранее пневматических тормозов к числу мягких можно отнести автоматический непрямодействующий тормоз (тормоз Вестингауза).

Тормоз Казанцева имеет некоторые особенности, дающие основания для отнесения его к числу жестких тормозов; в то же время он может действовать при различной величине давления в тормозной магистрали. Нельзя его отнести и к категории полужестких тормозов, так как он срабатывает на торможение при любом понижении давления в магистрали, независимо от темпа ее разрядки.

В настоящий момент на железных дорогах Беларуси и других стран бывшего СССР на пассажирских вагонах и локомотивах используются мягкие тормоза с воздухораспределителями № 292 (Матросова), которые действуют по схеме тормоза Вестингауза.

Грузовые вагоны и локомотивы оснащены воздухораспределителями № 483, до настоящего времени еще применяется небольшое число приборов № 270-005 (Матросова). Они имеют свойства мягких при включении на равнинный режим и полужестких – на горный режим отпуска.

На дорогах Западной Европы наибольшее распространение получили воздухораспределители Oerlikon, Knorr-Bremse и другие, имеющие горный режим отпуска, то есть полужесткие.

1.8 Фазы действия пневматических тормозов

Работа автоматических воздушных тормозов складывается из нескольких фаз: зарядка, медленная разрядка, служебное (ступенчатое и полное) и экстренное торможения, перекрыша и отпуск, которые разнятся состоянием сжатого воздуха в тормозной системе и характером протекания газодинамических процессов при смене этого состояния. Повышение, понижение или фиксация величины давления воздуха в тормозной магистрали являются результатом действия приборов управления тормозами (кран машиниста) и вызывают соответствующую реакцию исполнительных приборов (воздухораспределителей).

Зарядка – подготовка тормозов к действию путем повышения давления воздуха в тормозной магистрали до определенной величины, которая зависит, главным образом, от типа воздухораспределителя, длины поезда и его назначения.

На железных дорогах стран бывшего СССР установлены следующие *границы величин давления p_M в тормозной магистрали (МПа)*: пассажирских поездов – 0,50–0,52; грузовых – 0,53–0,55; грузовых, сформированных из порожних вагонов, – 0,48–0,50. Для грузовых поездов с композиционными тормозными колодками, когда воздухораспределители включены на средний режим, установлена величина зарядного давления 0,50–0,52 МПа.

На западноевропейских железных дорогах, на которых используются воздухораспределители типов KE (Кнорр-Бремзе), Эрликон, Вестингауз, ДАКО, $p_M = 0,48 \dots 0,50$ МПа.

Для дизель-поездов ДР1А, которые эксплуатируются на Белорусской железной дороге, $p_M = 0,55 \dots 0,56$ МПа, а для ДР1 и ДР1П – $p_M = 0,53 \dots 0,55$ МПа.

Во время зарядки сжатым воздухом наполняются запасные резервуары и рабочие объемы воздухораспределителей под каждым вагоном. Зарядка производится после прицепки тягового локомотива к сформированному составу вагонов. Эта операция занимает относительно много времени, особенно в многовагонных поездах. Вообще считают, что время на зарядку тормозной системы поезда от компрессорной установки локомотива не должно превышать 10–15 минут. Чтобы уменьшить непроизводительный простой локомотива и поезда, зарядку тормозной системы обыкновенно проводят за-

благорезменно, после формирования состава вагонов, от станционной воздухопроводной сети, которая питается от стационарных компрессорных установок. Поездной локомотив прицепляется к составу вагонов с уже заряженной системой.

Подзарядка тормозов сжатым воздухом до определенной величины давления p_m проводится также после каждого торможения во время следования поезда.

В тормозной системе грузовых поездов, чтобы ускорить наполнение запасных резервуаров во время зарядки, создают давление выше зарядного на 0,03–0,05 МПа (сверхзарядка), а после окончания зарядки снова медленно, чтобы воздухораспределители не сработали на торможение, понижают давление до установленной величины.

Медленная разрядка – переход на пониженное давление воздуха в тормозной магистрали, или ликвидация имевшегося сверхзарядного давления в ней, без срабатывания тормозов в поезде. С этой целью давление снижают медленным темпом (т е м п м я г к о с т и), не быстрее 0,03 МПа в минуту ($dp/dt \leq 0,0005$ МПа/с). Темп мягкости характеризует нечувствительность воздухораспределителя к снижению давления в тормозной магистрали.

Это свойство автоматического воздушного тормоза оказывается полезным при необходимости автоматически разрядить тормозную систему без срабатывания тормозов, например, перед расформированием на сортировочной горке только что прибывшего состава. Как правило, разрядку выполняют путем отпуска тормозов в каждом вагоне вручную.

Служебное торможение – разрядка тормозной магистрали темпом $dp/dt = 0,01 \dots 0,05$ МПа/с с целью получения определенного тормозного эффекта. Различают полное и ступенчатое служебные торможения. При полном торможении понижается давление в тормозной магистрали от нормального зарядного в один прием на величину $\Delta p_{\text{мпс}} = 0,13 \dots 0,17$ МПа, за счет чего достигается торможение максимальной эффективности при величине давления в тормозных цилиндрах грузового вагона $p_{\text{цmax}} = 0,9 \dots 0,45$ МПа, а пассажирского – $p_{\text{цmax}} = 0,39 \dots 0,42$ МПа. По нормам МСЖД* УИС-541 $\Delta p_{\text{мпс}} = 0,13 \dots 0,16$ МПа, а $p_{\text{цmax}} = 0,37 \dots 0,39$ МПа для грузовых и пассажирских вагонов.

С т у п е н ч а т о е торможение – постепенное увеличение давления в тормозных цилиндрах и, соответственно, интенсивности торможения путем

* МСЖД – Международный Союз железных дорог. Действует в странах Западной Европы. С 1993 г. его участником стала Белорусская железная дорога.

уменьшения давления в тормозной магистрали в несколько приемов. При *первой ступени* величина снижения давления в магистрали в зависимости от необходимой интенсивности торможения, вида поезда и условий его ведения $\Delta p_{m1} = 0,03 \dots 0,09$ МПа. *Вторая и следующие ступени* выполняются разрядкой тормозной магистрали дополнительно на величину $\Delta p_{mi} = 0,03 \dots 0,1$ МПа до общей разрядки $\Delta p_{mnc} = 0,13 \dots 0,17$ МПа. После разрядки магистрали на необходимую величину ручка крана машиниста обычно переводится в положение перекрыши.

Экстренное торможение – торможение для быстрой остановки поезда на возможно кратчайшем тормозном пути. Для получения этого эффекта разрядка тормозной магистрали производится более быстрым темпом ($dp/dt \geq 0,08$ МПа/с). Величина давления в тормозных цилиндрах при экстренном торможении, как правило, такая же, как и при полном служебном торможении, или несколько меньше, однако срабатывание тормозов происходит быстрее.

С целью ускорения разрядки тормозной магистрали некоторые типы воздухораспределителей могут оснащаться специальными ускорителями, каждый из них при экстренном торможении начинает выпускать сжатый воздух из тормозной магистрали, причем желательнее, чтобы глубина разрядки магистрали при экстренном торможении не превышала величины, которая реализуется при полном служебном торможении.

Перекрыша – фиксация давления, полученного в тормозной магистрали и в тормозных цилиндрах при торможении или отпуске тормозов.

В фазе перекрыши давление в названных объемах не должно повышаться или снижаться. Поскольку тормозную систему поезда невозможно сделать абсолютно плотной, то всегда существует какая-то утечка сжатого воздуха из нее. Для того, чтобы это не вызывало нежелательного снижения давления в магистрали и не приводило к изменению давления в тормозных цилиндрах, в фазе перекрыши тормозная магистраль может быть соединена через кран машиниста с источником сжатого воздуха.

Перекрыша с п и т а н и е м позволяет поддерживать в тормозной магистрали именно ту величину давления, которая была достигнута в ней к моменту прекращения тормозной системы в фазу перекрыши, несмотря на утечки. Если же кран машиниста находится в таком положении, что пополнения утечек сжатого воздуха из магистрали не происходит, то это будет перекрыша б е з п и т а н и я. Это положение тормозной системы иногда включается при работе тормозов пассажирского поезда и будет подробно рассмотрено при изучении воздухораспределителей № 292.

Отпуск тормоза – прекращение действия тормоза и подготовка системы к следующему торможению путем повышения давления в тормозной магистрали. Он может быть ступенчатым и полным. Некоторые типы тормозов (мягкие) не обладают возможностью ступенчатого отпуска.

На рисунке 1.5 приведена индикаторная диаграмма изменения давления в тормозной магистрали и тормозном цилиндре вагона в разных фазах действия тормозов.

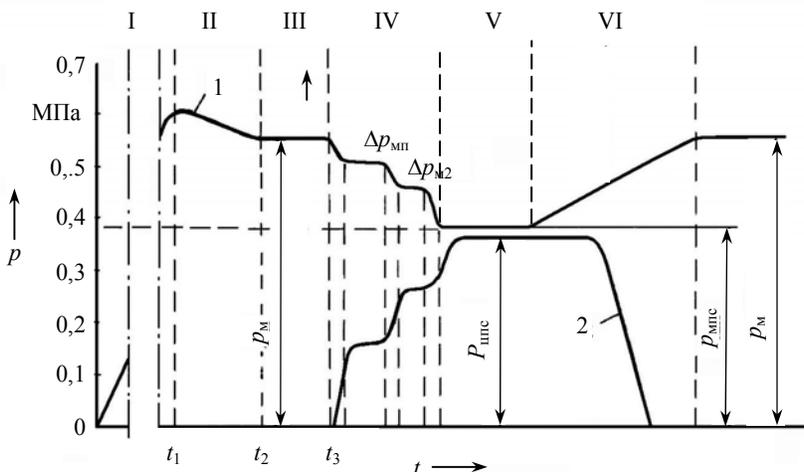


Рисунок 1.5 – Индикаторная диаграмма изменения давления в тормозной системе поезда в разных фазах действия тормозов:

1 – тормозная магистраль; 2 – тормозной цилиндр; I – зарядка со сверхзарядкой, $t_1 = 10 \dots 15$ мин.; II – медленная разрядка, $t_2 - t_1 = 2 \dots 4$ мин.; III – поездное положение, p_M – зарядное давление; IV – ступенчатое торможение, $dp/dt \approx 0, 1 \dots 0,5$ МПа/с; $p_{м1с}$, $p_{м2с}$ – давления в магистрали и ТЦ при полном служебном торможении; V – перекрыша; VI – отпуск тормозов и зарядка

1.9 Основные количественные и качественные характеристики тормозов

Тормозные системы для проектируемых вагонов и локомотивов выбирают, сравнивая количественные и качественные характеристики тормозов по критериям безопасности движения и экономическому, а также насколько они соответствуют нормативам.

Количественные показатели действия тормозов включают в себя: тормозной путь; мощность тормоза; скорость распространения воздушной волны в главном воздухопроводе (тормозной магистрали); скорость тормозной волны и волны отпуска тормозов в поезде; время повышения давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах до нормативной величины; темп (скорость) снижения давления в тормозных цилиндрах во время отпуска тормозов; плавность торможения.

К числу основных **качественных характеристик** пневматических тормозов железнодорожного подвижного состава относят: автоматичность действия; управляемость; неисчерпаемость или неистощимость; чувствительность и нечувствительность к разрядке тормозной магистрали определенным темпом; возможность торможения и отпуска ступенями; уровень использования силы сцепления колес с рельсами; конструкционная и эксплуатационная надежность тормозов и др.

Для сравнения различных видов тормозов некоторые качественные характеристики принято выражать в числах количественными показателями.

Рассмотрим подробнее некоторые из перечисленных количественных и качественных характеристик.

Т о р м о з н о й п у т ь – расстояние, проходимое поездом от начала торможения поездным краном машиниста или после открытия стоп-крана до момента его полной остановки.

Усилия ученых и конструкторов железнодорожного подвижного состава и требования безопасности движения направлены на создание таких тормозов, которые могут обеспечить тормозной путь наименьшей длины в случае экстренного торможения при внезапном возникновении препятствия на пути, по которому движется поезд. Однако обычно нормативную протяженность тормозного пути определяют по расстоянию между предупредительным и основным светофорами (Нормативы МСЖД) или по расстоянию между местом проведения работ по ремонту железнодорожного пути и предупредительным сигналом, как это принято на железных дорогах бывшего СССР.

Нормативами по тормозам, действующими на железнодорожном транспорте, установлено, что эффективность тормозов при экстренном торможении с максимальной скорости на спуске до 6 ‰ должна обеспечивать длину тормозного пути: для грузовых поездов, обращающихся со скоростями до 100 км/ч и пассажирских до 140 км/ч, – не более 1200 м; для грузовых при скоростях до 120 км/ч и пассажирских до 160 км/ч – не более 1600 м.

М о щ н о с т ь т о р м о з а – величина кинетической энергии поезда, которая гасится за произвольную единицу времени (обычно за 1 с). Измеряется в киловаттах (кВт). Выделяют *среднюю* за время торможения, а также

мгновенную мощности, которые приходятся на одну колесную пару или на одну тонну массы поезда (удельная мощность).

Среднюю удельную мощность тормозов N_y , которую необходимо обеспечить, чтобы остановить поезд на тормозном пути длиной s_T , можно рассчитать, воспользовавшись уравнением (1.11), если известно время торможения:

$$N_y = \frac{1}{t} \left[0,5v_n^2 (1 + \gamma) - 10^{-3} s_T (w_0 \pm w_i + w_r) \right], \quad (1.13)$$

где t – время торможения, с;

v_n – скорость поезда в момент начала торможения, м/с;

γ – коэффициент учета инерции вращающихся масс (колесные пары, якоря динамомашин и т. д.);

s_T – тормозной путь, м;

w_0, w_i, w_r – удельные основное и дополнительные сопротивления, Н/т.

Мощность фрикционных тормозов является показателем тепловой нагруженности элементов тормоза (колодка и бандаж) в зоне трения. Тормозной путь и мощность тормозов – основные показатели их эффективности. Эффективность тормозов можно также установить и по величине *среднего замедления*, достигнутого при остановке поезда.

Для пассажирских поездов особое значение приобретает показатель величины *наибольшего замедления*, которое реализовано при торможении. В данном случае имеет место противоречие между требованиями наибольшей мощности тормоза, с одной стороны, и обеспечения комфорта и безопасности пассажиров и обслуживающего персонала, с другой. Пассажиры будут чувствовать себя комфортно, если замедление поезда останется постоянным за весь период торможения, а его величина не превысит 1,2–1,3 м/с². В конце торможения при малой скорости поезда тормозная сила фрикционных элементов может внезапно вырасти, что объясняется нелинейной зависимостью коэффициента трения от скорости, однако при любых условиях величина замедления не должна превышать 2 м/с².

Величину максимального отрицательного ускорения (т. е. замедления) грузового поезда во время торможения учитывают при расчетах и конструировании вагонов и приспособлений, при помощи которых закрепляют грузы в вагонах.

Ограничение мощности тормозов выполняется главным образом по условию безюзового торможения (антиблокировочного).

Воздушная волна – процесс распространения колебаний частичек воздуха в тормозной магистрали, который предшествует процессу снижения или повышения давления в ней и процессу действия тормозов на торможение или отпуск.

Время распространения воздушной волны считают от момента открытия атмосферного отверстия в кране машиниста до начала движения воздуха в тормозной магистрали хвостового вагона. Скорость распространения воздушной волны $v_{\text{ВВ}}$, м/с, примерно равна скорости звука в воздухе:

$$v_{\text{ВВ}} = 20\sqrt{T}, \quad (1.14)$$

где T – температура окружающей среды в градусах Кельвина, К.

С увеличением сопротивлений в тормозной магистрали (повороты, разветвления, подсоединения тормозных приборов) скорость воздушной волны снижается.

Тормозная волна – процесс срабатывания тормозов в поезде от локомотива и до последнего вагона. Это очень важный показатель действия тормозов, потому что от скорости распространения тормозной волны по длине поезда зависят протяженность тормозного пути и плавность торможения. Идеальный вариант – когда тормоза всех вагонов в поезде срабатывают одновременно, и процесс нарастания тормозной силы в них идет одинаково.

Однако при пневматическом управлении тормозами скорость тормозной волны $v_{\text{ТВ}}$ не может превысить скорость воздушной волны $v_{\text{ВВ}}$. Обычно $v_{\text{ТВ}} < v_{\text{ВВ}}$, и это является препятствием для увеличения длины и массы поездов. Чем быстрее распространяется тормозной эффект вдоль поезда, тем более коротким будет тормозной путь, тем меньше будут продольно-динамические реакции в поезде.

На скорость тормозной волны оказывают влияние чувствительность воздухораспределителей, величины аэродинамического сопротивления и зарядного давления в тормозной магистрали, а также техническое состояние всех элементов тормозной системы, например, наличие неплотностей, а следовательно, утечек в магистрали, пневматических приборах и воздухоподводящих элементах. Существенное влияние оказывает и температура окружающей среды. Например, с понижением температуры скорость тормозной волны снижается в пропорции 1 м/с на 1 °С. При снижении зарядного давления в системе на 0,1 МПа скорость уменьшается на 8 м/с и наоборот. Для увеличения скорости тормозной волны применяют некоторые конструктивные решения, например, дополнительную разрядку тормозной магистрали, производимую каждым воздухораспределителем.

Скорость тормозной волны определяют при срабатывании воздухораспределителей в поезде:

$$v_{\text{ТВ}} = \frac{L_{\text{ТМ}}}{t_{\text{ТМ}}}, \quad (1.15)$$

где $L_{\text{ТМ}}$ – длина тормозной магистрали (длина поезда);

$t_{\text{ТМ}}$ – время, прошедшее с момента перевода ручки крана машиниста в тормозное положение до появления воздуха в тормозном цилиндре последнего вагона (начала движения штока тормозного цилиндра).

По техническим условиям МСЖД (карта UIC 540) скорость тормозной волны для поездов, которые движутся по международным путям сообщения, должна быть не менее 250 м/с. Наиболее совершенные современные воздухораспределители № 483 для грузовых вагонов обеспечивают скорость распространения тормозной волны до 300–310 м/с.

Для электропневматических тормозов понятие тормозной волны теряет смысл.

Отпущенная волна – процесс растормаживания вагонов от головы до хвоста поезда. При пневматических тормозах *скорость* отпускной волны оказывает серьезное влияние на процессы управления поездом. Она зависит от тех же условий, что и скорость тормозной волны, и, кроме того, от способности компрессорной установки на локомотиве и крана машиниста повышать давление в тормозной магистрали. Современные тормозные системы обеспечивают скорость отпускной волны 50–70 м/с при пневматическом управлении тормозами.

Усилия ученых и конструкторов тормозной техники направлены на увеличение скоростей тормозной и отпускной волн. Это достигается, в первую очередь, путем совершенствования конструкции воздухораспределителей, которая определяет тип тормоза (тормоз Матросова, Вестингауза и др.), а свойства и характеристики ее непосредственно влияют на количественные и качественные показатели работы тормозов.

Наибольший эффект дает использование электрического тока для управления тормозами, благодаря чему обеспечивается почти одновременное срабатывание воздухораспределителей в поезде.

Время наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом до нормативного давления. Данный показатель непосредственно влияет на эффективность тормозов и величину продольно-динамических усилий, которые возникают в поезде во время торможения. Воздухораспределители, предназначенные для коротких поездов, например пассажирских, при элек-

тропневматическом управлении обычно обеспечивают короткое время наполнения тормозного цилиндра – 2,5–3,5 с. При пневматическом управлении, с учетом того, что скорость тормозной волны при действии воздухо-распределителей пассажирского типа не превышает 180–200 м/с, темп наполнения выбирают замедленным: $t_{ц} = 5 \dots 7$ с – на режиме короткосоставного поезда и $t_{ц} = 12 \dots 16$ с – для состава, в котором более 20 вагонов. Еще большее время наполнения тормозных цилиндров для грузовых поездов ($t_{ц} = 20 \dots 25$ с). Это делается, несмотря на то, что воздухо-распределители грузового типа обеспечивают относительно высокую скорость распространения тормозной волны (до 310 м/с), но поскольку грузовые поезда имеют большую массу и длину, то возникает необходимость уравнивать тормозную силу головных и хвостовых вагонов. Наиболее совершенные воздухо-распределители могут обеспечить замедленный темп наполнения тормозных цилиндров передних вагонов и повышенный – в хвостовых. Это иллюстрируют диаграммы на рисунке 1.6. В момент времени t_1 после начала торможения первый вагон на диаграмме рисунка 1.6, *a* уже тормозит с полной силой, а у последнего вагона тормоза еще даже не пришли в действие. Поэтому происходит накат хвостовой части состава на головную часть. И в поезде возникают значительные продольно-динамические реакции, которые могут вызвать разрушение сцепных приборов и сход вагонов с рельсов.

По диаграмме рисунка 1.6, *б* в период t_2 тормозная сила последнего вагона составляет около половины тормозной силы первого вагона, поэтому величина опасных реакций в поезде будет значительно меньшей.

Таким образом, время наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом, как и тормозная волна, оказывают непосредственное влияние на массу, длину и наибольшую скорость поездов.

А в т о м а т и ч н о с т ь д е й с т в и я тормозов с пневматической системой управления основана на их способности тормозить независимо от действий машиниста локомотива в случае, когда нарушена целостность тормозной магистрали и давление в ней внезапно и быстро снижается.

У п р а в л я е м о с т ь – приспособленность тормозной системы к реагированию на сигналы, которые поступают от крана машиниста при соответствующем изменении положения его ручки. В автоматических тормозах с пневматической тормозной системой для управления используются сигналы, обеспечивающие снижение (при торможении) и повышение (при отпуске тормоза) давления сжатого воздуха в тормозной магистрали. Чем быстрее возрастает или снижается тормозная эффективность после подачи соответствующего сигнала и чем меньше разница между действительной и ожидае-

34 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОРМОЗАХ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

мой его величиной, тем лучшей управляемостью отличается тормоз. Управляемость тормоза зависит главным образом от скорости тормозной и отпускной волн, а также от продолжительности времени наполнения и опораживания тормозных цилиндров.

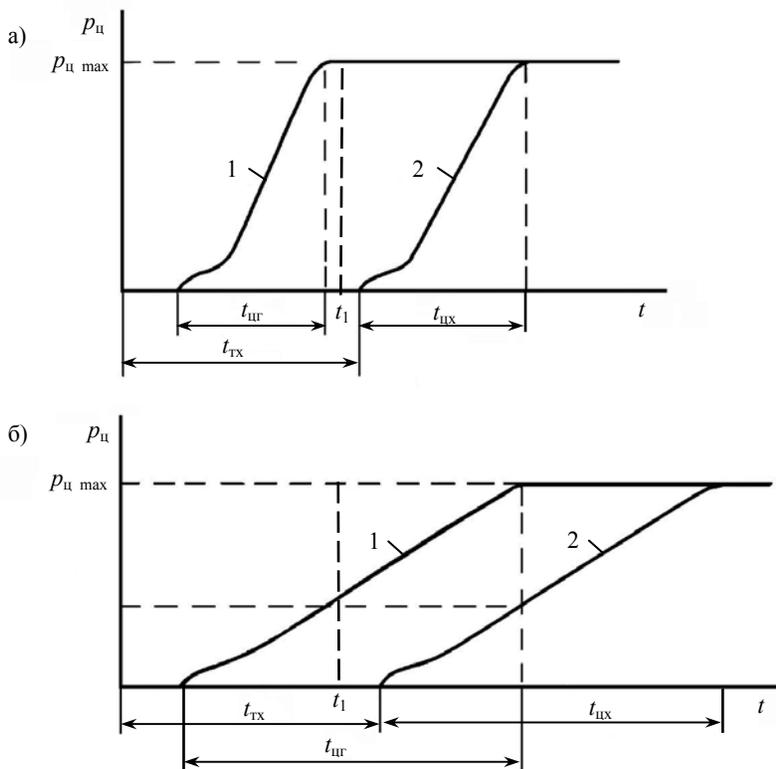


Рисунок 1.6 – Диаграмма повышения давления в тормозных цилиндрах поезда во время торможения: а – быстрое наполнение тормозных цилиндров; б – замедленное наполнение тормозных цилиндров; 1 – давление в тормозном цилиндре первого вагона; 2 – давление в тормозном цилиндре хвостового вагона

Неистощимость (неисчерпаемость) – свойство пневматического тормоза, благодаря которому даже при частых торможениях не будет ощущаться недостаток сжатого воздуха и тормоз будет пригоден к следующему торможению.

Чувствительность и нечувствительность тормоза к снижению величины давления в тормозной магистрали – это способность воздухораспределителей тормозов вагонов реагировать даже на слабый сигнал управления (снижение давления в тормозной магистрали или повышение), который исходит от крана машиниста; и наоборот, торможение не должно начинаться, если идет переход на пониженное значение зарядного давления в магистрали или когда давление в ней понижается из-за утечек воздуха через неплотности в соединениях.

Все определяется величиной темпа снижения давления. Если он выше 0,006 МПа/с, и снижение давления (глубина разрядки магистрали) не менее чем 0,03 МПа, воздухораспределители срабатывают на торможение.

В состоянии отпуска автоматических тормозов поезда, когда темп разрядки не превышает 0,03 МПа/мин (темп «мягкости»), воздухораспределители не должны приходить в состояние торможения.

Согласно требованиям карты UIC 540 чувствительность тормозов должна быть такой, чтобы они включались на торможение раньше, чем за 1,2 секунды при разрядке магистрали темпом 0,01 МПа/с.

Приспособленность к ступенчатому повышению и снижению тормозной силы. Например, свойство пневматических тормозов осуществлять ступенчатый отпуск (полужесткие и жесткие тормоза) положительно сказывается на управляемости тормозами поездов на горных участках железной дороги, а на равнинных – наоборот: поскольку такие тормоза имеют замедленный отпуск, то полное растормаживание наступает тогда, когда давление в тормозной магистрали будет поднято до величины, которая была в ней перед началом торможения, то есть до зарядного давления. В то же время мягкие тормоза дают полный отпуск при повышении давления в тормозной магистрали на 0,015–0,020 МПа после торможения.

Уровень использования силы сцепления колес с рельсами. Стремление получить наибольшую эффективность тормоза как одного из главных факторов, гарантирующих безопасность движения поездов, для наиболее широко применяемых в настоящее время фрикционных тормозов сталкивается с ограничениями тормозной силы по условиям безюзового торможения. Наиболее эффективным является тормоз, который обеспечивает торможение с вращением колес на грани юза от начала и до конца торможения. Фактически тормозная сила фрикционных тормозов достигает максимального уровня только в последний момент перед остановкой движения поезда. Это связано с ограниченной скоростью тормозной волны, а также с особенностями коэффициента трения тормозных колодок, величина которого значительно возрастает с уменьшением скорости трения в зоне колодки и контртела – поверхностей бандажа колесной пары или тормозного диска при дисковых тормозах.

Современный подвижной состав, предназначенный для высокоскоростного движения, оборудуют противоюзными регуляторами, которые обеспечивают реализацию тормозной силы на грани сцепления колес с рельсами. Однако для грузовых вагонов среднее использование силы сцепления не превышает 43–45 % при чугунных тормозных колодках и 55 % – при композиционных. Несколько выше этот показатель для пассажирских вагонов, не оборудованных противоюзными устройствами: 45–50 % – при чугунных колодках и 67 % – при композиционных на высоких скоростях движения.

Сцепление принято оценивать коэффициентом сцепления ψ – безразмерной единицей, показывающей отношение между тормозной силой и силой, действующей в точке контакта колеса и рельса.

1.10 Электропневматические тормоза

Электропневматическими тормозами (ЭПТ) называют тормоза, управление которыми в поезде осуществляется при помощи электрического тока, а для создания тормозной силы используется энергия сжатого воздуха.

Наиболее распространены две схемы ЭПТ:

- с дистанционным управлением величиной давления в тормозном цилиндре (*прямодействующий* ЭПТ);
- с дистанционным управлением величиной давления во входной (магистральной) камере воздухораспределителя (*непрямодействующий* ЭПТ).

Принцип действия прямодействующего ЭПТ рассмотрим на примере тормоза фирмы Кнопп (рисунок 1.7). Тормоз имеет две системы управления – электрическую и пневматическую и, соответственно, два воздухораспределителя – электропневматический и пневматический, которые действуют независимо друг от друга.

В состав электропневматического воздухораспределителя входят два соленоидных воздушных вентиля (впускной 1, выпускной 2) и реле 3, предназначенное для блокирования возможности одновременного включения вентиля 1 и 2. В первой фазе действия ЭПТ (готовность к работе) оба вентиля закрыты, а контакты реле 3 замкнуты.

Вторая фаза (наполнение тормозного цилиндра сжатым воздухом) наступает при подаче электрического потенциала на соленоид вентиля 1. Его клапан открывается, и сжатый воздух из резервуара ЗР, который питается через воздухораспределитель ВР, перетекает в рабочую полость тормозного цилиндра через клапан максимального давления 4 и переключатель 5. Одновременно разжимаются контакты реле 3, что делает невозможной подачу электрического напряжения на катушку вентиля 2.

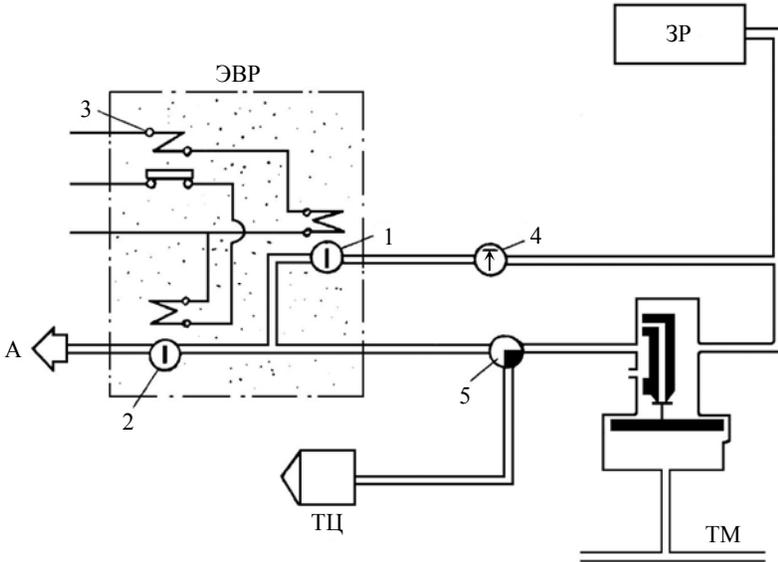


Рисунок 1.7 – Электропневматический прямодействующий тормоз

Когда достигнута необходимая величина давления в тормозном цилиндре ТЦ (контролируется по манометру), то питание катушки 1 электрическим током прекращается, и ее клапан закрывается. В тормозном цилиндре ТЦ будет зафиксирована достигнутая величина давления.

При растормаживании подается электрический ток на катушку выпускного вентиля 2, его клапан откроется и будет выпускать воздух из рабочей камеры цилиндра ТЦ в атмосферу. При необходимости можно зафиксировать некоторое промежуточное значение величины давления в тормозном цилиндре.

В случае, если электрическая схема будет неисправной, можно управлять работой тормозов в поезде, понижая или повышая давление в тормозной магистрали ТМ. Подача сжатого воздуха в тормозной цилиндр при торможении и выпуск воздуха из цилиндра при отпуске будет осуществляться через воздухораспределитель ВР.

Более совершенный прямодействующий ЭПТ применяется на пассажирских поездах, а также на электро- и дизель-поездах, которые эксплуатируются на Белорусской железной дороге и на железных дорогах стран бывше-

го СССР. Однако эти ЭПТ не являются автоматическими, так как если происходит разрыв поезда или какая-то другая авария с нарушением электрической схемы, то электрическое питание электромагнитных вентилях окажется невозможным, и тормоз перейдет в состояние отпуска. В этом случае торможение обеспечивается за счет автоматического воздушного тормоза.

На железных дорогах США и стран Западной Европы применяется также ЭПТ с двумя воздушными магистралями – напорной и тормозной (рисунок 1.8). По этой схеме электромагнитные вентили управляют величиной давления одновременно по всей длине тормозной магистрали ТМ поезда. При торможении вентили 1 соединяют ее с атмосферой, а во время отпуска вентили 2 – с напорной магистралью НМ, которая все время питается от компрессора.

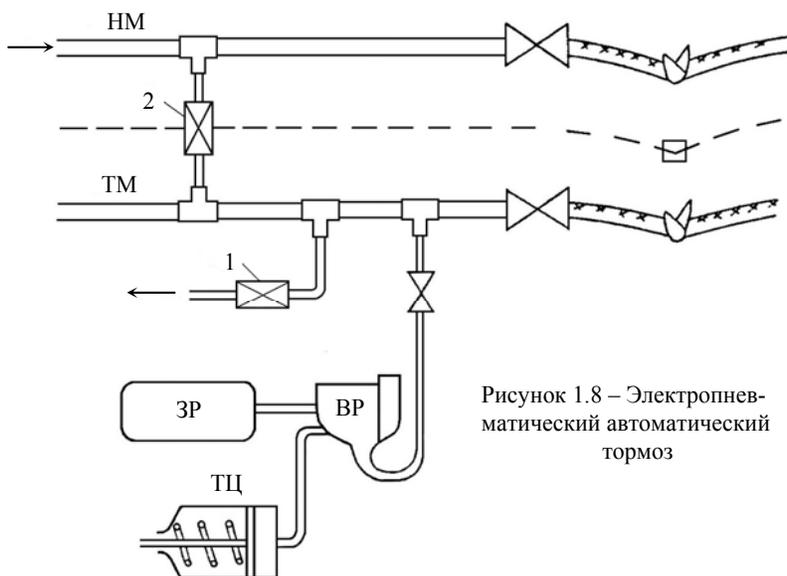


Рисунок 1.8 – Электропневматический автоматический тормоз

При понижении давления в магистрали ТМ срабатывают воздухораспределители ВР, которые управляют подачей сжатого воздуха из запасных резервуаров ЗР в тормозные цилиндры ТЦ. При разрыве поезда и воздушных магистралей во время аварии давление в магистрали ТМ внезапно понижается, и воздухораспределители ВР действуют в режиме торможения.

В последние годы в США разработаны тормоза с электронным управлением для грузовых поездов, которые могут работать в многопроводной электрической системе или управляться по радиосигналам.

1.11 Другие виды тормозных систем подвижного состава

Рельсовые фрикционные тормоза. Величина тормозной силы колодочных и дисковых тормозов ограничена по условиям сцепления колес с рельсами. Поэтому, чтобы достигнуть значительного увеличения ее на подвижном составе, предназначенном для скоростного движения, применяются фрикционные рельсовые тормоза. Их тормозная сила возникает при скольжении специальных башмаков по поверхности рельсов. Башмаки прижимаются к рельсам за счет магнитного поля, которое создается электрическими или постоянными магнитами, закрепленными на башмаках.

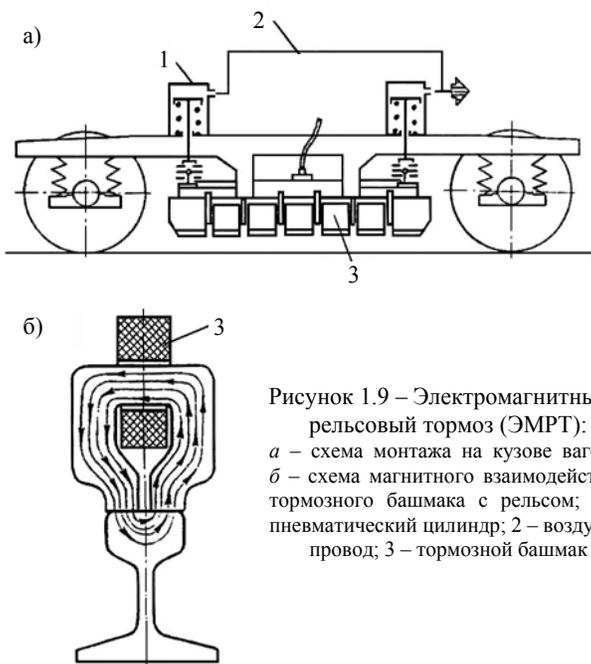


Рисунок 1.9 – Электромагнитный рельсовый тормоз (ЭМРТ):

а – схема монтажа на кузове вагона;
б – схема магнитного взаимодействия тормозного башмака с рельсом; 1 – пневматический цилиндр; 2 – воздухопровод; 3 – тормозной башмак

Башмаки электромагнитного рельсового тормоза (ЭМРТ) смонтированы на раме тележки вагона на высоте 100–150 мм над рельсами (рисунок 1.9) и приводятся в контакт с головкой рельса во время торможения при помощи пневматических цилиндров. Тормозная сила создается за счет трения башмака по рельсу.

На схеме (рисунок 1.10) показан фрикционный рельсовый тормоз с пневматическим приводом, который может быть перспективным

для специализированного подвижного состава промышленного транспорта, эксплуатируемого с низкими скоростями (до 60–70 км/ч) на участках с крутыми затяжными спусками. Одним из достоинств такого тормоза является то, что сила прижатия башмака рельсового тормоза может устанавливаться меньшей, чем в ЭМРТ, так как имеется возможность использовать во фрикционном узле материалы с повышенным и стабильным коэффициентом трения. В то же время такой тормоз приводит к обезгруживанию колесных пар и ухудшению устойчивости против схода с рельсов.

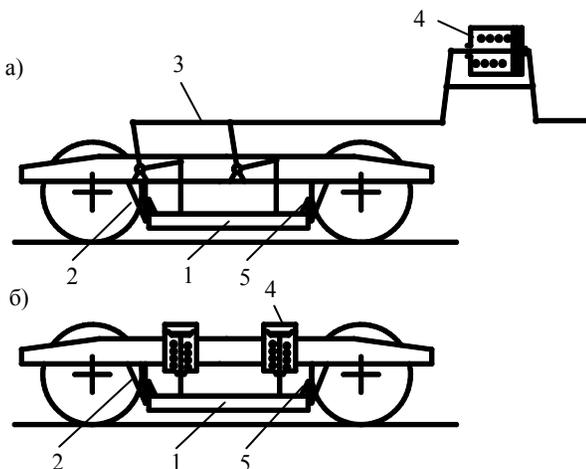


Рисунок 1.10 – Схема рельсового тормоза с пневматическим приводом:

а – групповой привод тормозных башмаков; *б* – индивидуальный привод; 1 – тормозной башмак; 2 – упор на раме тележки; 3 – механическая передача; 4 – силовой цилиндр; 5 – упор на башмаке

Электрические вихретоковые тормоза. По конструкции вихретоковый рельсовый тормоз (ВТРТ) подобен ЭМРТ. Однако тормозная сила этого тормоза создается за счет взаимодействия магнитных полей – созданного соленоидами тормозного башмака и от вихревых токов, которые индуцируются в рельсах при перемещении башмака и основного магнитного поля. Применение ВТРТ возможно на подвижном составе, не имеющем непосредственного контакта с рельсами (магнитный подвес, воздушная подушка).

В настоящий момент рельсовые вихретоковые тормоза используют на вагонах скоростных поездов ICE (Германия) и TGV (Франция).

Линейный (рельсовый) вихретоковый тормоз, применяемый на поезде ICE3, работает без аккумуляторных батарей. При торможении используется напряжение тяговых двигателей, работающих в генераторном режиме.

Температура рельсов при работе вихретокового тормоза повышается примерно на 15–20 °С. Максимальная температура рельсов, нагреваемых от солнечной радиации и от действия вихретокового тормоза, не должна превышать 75 °С. До такой температуры сохраняется стабильность рельсового пути.

На поезде ICE3 поддерживающие тележки, наряду с дисковым, оснащены еще и вихретоковым тормозом, состоящим из двух электромагнитных блоков по восемь полюсных катушек. Каждый блок имеет длину 1540 мм. Блоки соединены двумя поперечными связями, которые фиксируют их положение над головками рельсов.

При отпущенном тормозе магниты с помощью кольцевых пневмобаллонов поднимаются в нерабочее положение. Для перевода их в рабочее состояние из пневмобаллонов выпускается часть воздуха, и магниты опускаются на расстояние $7 \pm 0,5$ мм над рельсами.

При возбуждении магнитов сила их притяжения к рельсам возрастает с уменьшением скорости, поэтому для обеспечения постоянной тормозной силы задаваемое значение намагничивающего тока линейно снижается до 65 % от максимального.

На скоростных вагонах поезда TGV NG на каждой моторной тележке смонтирован вихретоковый рельсовый тормоз (ВТРТ), башмак которого в рабочем положении при торможении подвешен на расстоянии 6,5–7 мм над головкой рельса. Питание обмоток башмака осуществляется от тяговых двигателей вагона, которые при торможении работают в генераторном режиме с мощностью 24–30 кВт и сами создают тормозную силу. Кроме того, по закону индукции магнитное поле башмака, изменяющееся во времени при перемещении относительно рельса, создает в нем, как в электрическом проводнике, электродвижущую силу, под действием которой в рельсе возникают вихревые токи. Сила взаимодействия полей, создаваемых этими токами и полюсами электромагнитов башмака, является силой, препятствующей их взаимному перемещению.

По расчетам ВТРТ – самый эффективный из существующих тормозов. Однако высокая эффективность его проявляется только на скоростях движения выше 60–80 км/ч.

Прошли испытания дисковые вихретоковые тормоза, у которых тормозной момент электромагнитные катушки создают в дисках, закрепленных на средней части оси колесной пары, как у обычного дискового тормоза. Однако эффективность этих тормозов ограничена условиями сцепления колес с рельсами.

И электромагнитный, и вихретоковый тормоза сильно нагревают рельсы. Кроме того, тормозные накладки ЭМРТ интенсивно изнашиваются при трении по рельсу.

Электродинамические тормоза. В последнее время широкое распространение на моторном подвижном составе получили электродинамические тормоза (ЭДТ), принцип действия которых основан на переключении тяговых электродвигателей локомотива в генераторный режим. Поэтому эти тормоза иначе называют генераторными.

На электровозах и большинстве серий тепловозов в электромеханическом приводе колесных пар используются, главным образом, электродвигатели постоянного тока, которые при определенных условиях могут исполнять роль генераторов электрического тока. На тяговом режиме они питаются электрической энергией, которую на тепловозе вырабатывает дизель-генератор; на электровозах она после необходимого преобразования поступает от контактных проводов.

При торможении подача электроэнергии в двигатели прекращается, а в их якорные обмотки подается ток возбуждения. Поскольку якоря через тяговые редукторы кинематически связаны с ведущими колесами локомотива, то электродвигатели начинают вырабатывать электрическую энергию, на что затрачивается кинетическая энергия тормозящегося поезда. Тормозная сила ЭДТ и величина напряжения вырабатываемого тока зависят от частоты вращения якорей электродвигателей (скорости движения поезда) и могут регулироваться силой тока возбуждения якоря.

Производимая двигателями в генераторном режиме электрическая энергия после соответствующих преобразований может быть возвращена в систему энергообеспечения электровозов. Этот процесс называется *рекупацией*, а торможение – *рекуперативным*. На тепловозах такой возможности нет, поэтому полученная электроэнергия «сгорает» на специальных реостатах (*реостатное торможение*).

Электродинамические тормоза имеют высокую эффективность, их схемы достаточно просты (особенно реостатных); управление ЭДТ и техническое обслуживание также не вызывает трудностей.

Использование рекуперативных ЭДТ особенно эффективно на горных участках железных дорог, где поезда по несколько, а то и десятки километров движутся в тормозном режиме. Рекуперативный тормоз позволяет не только значительно (в 2-3 раза) снизить расход вагонных тормозных колодок, но и вернуть в систему энергообеспечения железных дорог до 10–15 % электроэнергии, затраченной на тягу поездов.

Электродинамический тормоз (реостатный) является основным при регулировочных торможениях современных электропоездов и маневровых тепловозов.

Инерционные тормоза. Для работы большинства типов тормозов, которые используются на железнодорожном транспорте, необходим дополнительный источник энергии – или электрической, или в форме сжатого воздуха. Исключением являются ЭДТ, в которых тормозная сила создается за счет инерции движущегося поезда.

Однако еще в начале развития железнодорожного дела, а именно в 1843 г., когда единственным типом тормозов на подвижном составе был ручной тормоз с индивидуальным приводом на каждом вагоне, была разработана систе-

ма автоматического механического тормоза, в котором для создания тормозной силы (силы прижатия тормозных колодок) был применен принцип использования «живой силы» транспортного средства, которое движется. Этот тормоз, разработанный Лохриджем и позднее усовершенствованный Геберлейном, использовался почти до начала XX века, успешно конкурируя с пневматическими тормозами. В его конструкции были решены две сложные проблемы управления тормозами поездов:

- автоматичность действия при разрыве сцепки вагонов;
- возможность управления работой тормозов в поезде из кабины паровоза.

На рисунке 1.11 показан автоматический тормоз с дистанционным управлением системы Лохриджа–Геберлейна, установленный на паровозе и в поезде.

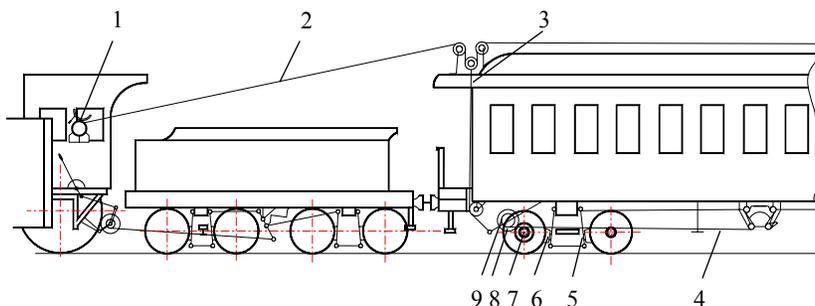


Рисунок 1.11 – Автоматический механический тормоз Лохриджа–Геберлейна

На одной из осей вагона закреплен фрикционный шкив 7, в контакт с которым может входить фрикционный ролик 9. На общей оси с роликом находится барабан 8 с накрученной цепью или канатом 4. Другой конец цепи связан с рычагами 5 тормозной рычажной передачи, воздействующей на тормозную колодку 6.

Для управления фрикционным контактом шкива 7 и ролика 9 от паровоза над всеми вагонами протянут канат 2. Один конец каната закреплен на барабане лебедки 1, а другой – на последнем вагоне. От каната 2 к фрикционным роликам 9 на каждом вагоне протянуты поводки 3. В транспортном режиме канат 2 натянут над вагонами при помощи коловорота 1, поэтому ролики 9 выведены из зацепления со шкивами 7.

При необходимости затормозить машинист паровоза откручивает коловорот 1, ослабляя натяжение каната 2. Под воздействием грузов или пружин ролики 9 прижимаются к поверхности шкива 7 и начинают крутиться. Одновременно с ними начинают крутиться барабаны 8, наматывая на себя цепь 4,

которая тянет за рычаги 5, прижимая тормозные колодки к колесам. То же самое, но уже без участия машиниста, будет происходить во время аварии, если произойдет расцепление вагонов и разрыв каната 2.

Величина тормозной силы этого инерционного тормоза зависит от силы прижатия фрикционного ролика к шкиву и коэффициента трения между их контактирующими поверхностями.

Главные недостатки тормоза Лохриджа–Геберлейна – невозможность регулирования тормозной силы в процессе торможения и трудности с использованием его в поездах, сформированных из шести и более вагонов. Такие тормоза уже не отвечают современным требованиям. Но возможно создание конструкций инерционных автоматических тормозов с использованием управляемых электромагнитных муфт и другой современной техники.

1.12 Технические требования к тормозным системам железнодорожного подвижного состава

В ближайшее время на Белорусской железной дороге запланировано повышение скорости грузовых поездов до 100–120 км/ч, обычных пассажирских – до 120–250 км/ч. Намечено увеличение осевых нагрузок грузовых вагонов до 25–27 т. В перспективе по Белорусской железной дороге пролягут пути Трансевропейской магистрали Париж – Москва, скорость движения поездов на ней будет достигать 400 км/ч.

Эти меры позволят увеличить пропускную и провозную способности железной дороги, в то же время возникает проблема увеличения мощности и эффективности тормозных систем железнодорожного подвижного состава для обеспечения безопасности движения поездов и нормативной протяженности тормозных путей.

Повышение мощности тормозов возможно только при условии решения ряда научно-технических, экономических и организационных задач. Эти задачи обусловлены спецификой работы железнодорожного транспорта и нашли свое отражение в технических требованиях на тормоза и элементы тормозных систем, которые разработаны в свое время во Всесоюзном (ныне Всероссийском) научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) и с некоторыми изменениями и дополнениями действуют в настоящее время. На железных дорогах Западной Европы требования к тормозам грузовых и пассажирских поездов изложены в специальных нормативных документах-картах UIC, которые разработаны в Научно-исследовательском бюро по тормозам (ORE). По главным направлениям **требования** UIC и ВНИИЖТ соответствуют друг другу:

– тормоза должны безусловно гарантировать безопасность движения поездов и иметь свойства автоматичности действия;

- новые и модернизированные тормоза должны работать без всяких ограничений совместно с существующими;
- конструкция тормозной системы поезда должна обеспечивать удобство управления и приспособленность к выполнению ремонтных операций и техническому обслуживанию;
- скорость распространения тормозной волны при экстренном торможении должна достигать не менее 250 м/с;
- сигнал в виде тормозной волны во время служебного торможения должен достигать конца поезда, если снижение давления в тормозной магистрали составит 0,03 МПа (0,3 кгс/см²) при соответствующем темпе ее разрядки;
- торможение должно начинаться в результате снижения давления в тормозной магистрали, а отпуск – в результате повышения давления;
- тормоз должен быть неисчерпаемым в том смысле, что при торможении с установленными нормами скорости на крутых и затяжных спусках должна обеспечиваться возможность торможения и остановки поезда на тормозном пути назначенной длины;
- тормозное оборудование вагонов и локомотивов должно обеспечивать безюзовое торможение при любой скорости движения и исключить появление ненормального износа или повреждения колесных пар и рельсов в результате торможения.

Ряд технических требований – действующие на Белорусской железной дороге и по нормативам МСЖД – существенно различаются. Например, длина тормозного пути грузовых поездов не должна превышать:

- по нормам ВНИИЖТ – 1200 м при торможении со скорости 100 км/ч на уклонах до 6 ‰, т. е. расчетный тормозной коэффициент должен быть 0,45;
- по нормам МСЖД, при тех же условиях, – 800 м и расчетный тормозной коэффициент 0,7. Это означает, что эффективность тормозов грузовых вагонов западноевропейского типа значительно больше, чем вагонов, эксплуатируемых на железных дорогах бывшего СССР. Поэтому наши грузовые вагоны не могут быть допущены к движению за границами СНГ и прибалтийских стран, даже если их оборудовать колесными парами с шириной колеи 1435 мм. Причина этого заложена в конструкции тележек типа ЦНИИ-ХЗ, которые подкатываются под грузовые вагоны. Двухосные тележки ЦНИИ-ХЗ рассчитаны на одностороннее нажатие тормозных колодок на колеса, в то время как западноевропейские двухосные тележки Y-25 имеют двустороннее нажатие. Благодаря этому уровень использования силы сцепления колес с рельсами вагонов на тележках Y-25 достигает 0,70–0,75.

Более жесткие требования к тормозам заложены в нормах ВНИИЖТ по устойчивости к температурным колебаниям: тормоза должны надежно работать при температурах от +70 до –60 °С (по нормам МСЖД ±50 °С).

46 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОРМОЗАХ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Тормоза, предназначенные для работы на грузовом подвижном составе, обращающемся на сети железных дорог бывшего СССР, должны сохранять работоспособность при повышенных температурах до +80 °С (не более 4 часов при разгрузке вагонов в тепляках).

Тормоза грузовых вагонов по нормам ВНИИЖТа рассчитаны на работу в поездах массой до 10 тыс. тонн при управлении с головы поезда, в то время как масса поездов на западноевропейских железных дорогах не превышает 1,5 тыс. тонн.

Надо, однако, отметить, что допустимый вес поездов в Западной Европе ограничен, главным образом, по прочности винтовой сцепки между вагонами.

В нормах ВНИИЖТ и МСЖД изложены и более конкретные требования к отдельным элементам тормозных систем.

2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПОЕЗДА СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

2.1 Свойства и потребление сжатого воздуха в поезде

Пневматические приспособления широко используются в технике благодаря многим полезным свойствам сжатого воздуха, позволяющим создать компактную и надежную в работе конструкцию из простых элементов. Например, в сравнении с гидравлическими приспособлениями, пневматические значительно меньше реагируют на имеющиеся неплотности в системах обеспечения, передачи и использования рабочего тела. Сжатый воздух можно передавать на достаточно большое расстояние, что позволяет создавать силовые системы дистанционного управления с параметрами, недостижимыми для чисто механических систем. В сравнении с электромеханическими, пневматические конструкции более надежные с точки зрения пожарной безопасности.

Большое значение имеет и то, что воздух повсеместно доступен, а пневматические системы отличаются экологической чистотой.

Воздух сжимается, благодаря чему можно легко уменьшать и увеличивать его объем, он имеет свойство равномерно заполнять замкнутое пространство, принимая его форму. Воздух, который сжат в замкнутом пространстве, оказывает давление на стенки одинаково во всех направлениях и содержит определенный запас потенциальной энергии, величина которого зависит от взаимного расположения частичек газа и от температуры. Величина давления при определенной температуре зависит от величины объема, который он занимает. Если уменьшить или увеличить объем сосуда, можно соответственно увеличить или уменьшить давление в нем. По закону Бойля-Мариотта, если сжимать газ при постоянной температуре, то произведение величины его объема V на давление p есть величина постоянная ($pV = \text{const}$).

За время сжатия, расширения и перетекания воздух много раз изменяет состояние своего термодинамического равновесия. Давление, температура и объем воздуха связаны общим уравнением состояния газа Клапейрона–Менделеева:

$$pV = mRT, \quad (2.1)$$

где m – масса газа;

R – газовая постоянная;

T – абсолютная температура.

В пневматических тормозных системах преобладают нестационарные, продолжительные процессы, которые сопровождаются изменением термодинамического состояния воздуха, поэтому математическое описание их создает значительные трудности, они возрастают из-за того, что на процесс влияет множество различных факторов, и он носит вероятностный характер. Поэтому расчет пневматических систем выполняют, используя опытные данные.

Если открыть кран 2 (рисунок 2.1) и соединить резервуар 1 с резервуаром 3, в котором сохраняется атмосферное давление, то благодаря разнице давлений потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию движения, и струя воздуха будет направлена от сосуда 1 с большим давлением к сосуду 3 с атмосферным давлением. Процесс перетекания будет продолжаться до выравнивания давлений в обоих резервуарах. Величина давления p_2 после окончания процесса перетекания может быть определена из уравнения Бойля-Мариотта

$$p_1 V_1 + p_0 V_2 = p_2 (V_1 + V_2), \quad (2.2)$$

где p_0, p_1, p_2 – атмосферное давление, начальное давление в сосуде и давление, которое установится в сосудах, соединенных между собой.

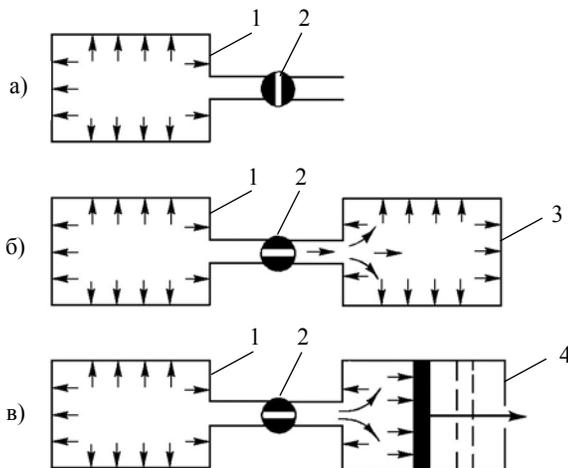


Рисунок 2.1 – Свойства сжатого воздуха в замкнутом пространстве:

a – давление воздуха на стенки замкнутого сосуда;
б – перетекание воздуха с выравниванием давления в соединенных сосудах постоянного объема;
в – перетекание воздуха из сосуда постоянного объема в цилиндр с подвижной стенкой

Если струя воздуха будет направлена в цилиндр 4 (см. рисунок 2.1, в) переменного объема с подвижной стенкой в виде поршня, то воздух выполнит

работу по перемещению поршня, причем сила $P_{\text{ш}}$ по штоку поршня зависит от площади поршня $F_{\text{п}}$ и разницы давлений справа и слева от поршня:

$$P_{\text{ш}} = F_{\text{п}} (p_{\text{ц}} - p_0), \quad (2.3)$$

где $p_{\text{ц}}$ – давление в рабочей камере цилиндра;

p_0 – давление в атмосферной полости.

Сопротивление движению воздуха вызывает потери давления Δp , пропорциональные длине воздухопровода и обратно пропорциональные диаметру:

$$\Delta p = k_{\lambda} \frac{l \rho v^2}{2d}, \quad (2.4)$$

где k_{λ} – коэффициент сопротивления;

l, d – длина трубопровода и его диаметр;

ρ – плотность воздуха;

v – скорость движения воздуха в трубопроводе.

Сжатый воздух служит для передачи сигналов управления в тормозной системе поезда и одновременно является носителем энергии для создания тормозной силы. Как правило, используется сжатый воздух давлением до 0,9 МПа (9 кгс/см²). В тормозных системах различных поездов зарядное давление обычно составляет 0,45–0,62 МПа.

На западноевропейских железных дорогах используется нормальное давление в тормозной магистрали 0,5 МПа. Допускается уменьшение или увеличение на 0,1 МПа, причем это не должно нарушать нормальное действие тормоза.

Наличие утечек сжатого воздуха через неплотности воздухопроводов и в местах соединения тормозных магистралей между единицами подвижного состава, большая длина поездов предопределяют значительный расход воздуха в процессе движения поезда.

Нормы утечек для поездов регламентированы (таблица 2.1), поскольку не только возрастает расход энергии, потребляемой локомотивом при увеличении утечек, но и значительно усложняются условия работы тормозных приборов – воздухораспределителей. В частности, для пассажирского поезда допускается падение давления в тормозной магистрали из-за утечек при отключенной компрессорной системе на локомотиве не более чем на 0,02 МПа в течение 1 мин. Эта норма соответствует утечке в 20 л/мин на тормозную сис-

тему одного вагона – 100 л. Для грузового поезда проверка осуществляется по снижению давления в главных резервуарах локомотива при отключенном компрессоре. Время снижения давления зависит от длины поезда и объема главных резервуаров, оно допускается от 11 до 112 с для разных локомотивов и поездов длиной от 480 до 100 осей.

Кроме тормозных систем сжатый воздух расходуется на служебные нужды локомотива, например, на подачу звуковых сигналов, работу стеклоочистителей, песочниц, электроконтакторов и механизма подъема и опускания пантографа на электровозе.

Сжатый воздух используется также для работы механизмов разгрузки на некоторых видах вагонов, например, думпкарах, хоппер-дозаторах.

Следует отметить, что при движении поезда величина расхода сжатого воздуха на утечки возрастает на 10–20 % в зависимости от плотности тормозной системы.

Т а б л и ц а 2.1 – Расход сжатого воздуха при движении поезда

На что потребляется	Величина расхода, м ³ /мин
Пополнение утечек из тормозной системы	0,02 на один 4-осный вагон
Торможение	1,0–1,5
Служебные нужды	0,8–1,1
Для подачи гудка (тифон)	8–10
„ „ песка под колеса (песочница)	4–6
„ „ свистка локомотива	3–5

2.2 Локомотивные компрессоры

Требования к локомотивным компрессорам, их классификация. Для получения сжатого воздуха необходимых параметров применяются компрессорные установки, в состав которых входят: компрессор, устройства для охлаждения, сушки и очистки сжатого воздуха, главные резервуары, предохранительные и регулирующие приборы, трубопроводы, крановая арматура и манометры.

Наиболее распространены и получили применение в качестве локомотивных поршневые компрессоры, в которых сжатие воздуха осуществляется перемещением поршня, совершающего возвратно-поступательное движение в цилиндре. Их различают по устройству и расположению цилиндров, а также по числу ступеней сжатия. Согласно принятой классификации локомотивные компрессоры относятся к машинам малой производительности

(подачи) – от 0,6 до 6,0 м³/мин. Отдельные типы компрессоров рассчитаны на подачу до 10 м³/мин.

Следует иметь в виду, что подача компрессоров измеряется в м³/мин свободного воздуха, то есть оценивается объем воздуха атмосферного давления, забранного компрессором.

От нормальной работы локомотивных компрессоров непосредственно зависит безопасность движения поездов, поэтому к их производительности и надежности предъявляются повышенные требования. Поршневые компрессоры локомотивов по условиям работы должны иметь воздушное охлаждение, они требуют частой ревизии рабочих клапанов, имеют высокое тепловыделение от поверхности цилиндров, подвергаются значительной вибрации. Преобразование вращательного движения главного вала дизеля или вала электродвигателя в возвратно-поступательное движение поршня осуществляется кривошипно-шатунным механизмом. Это *бескрейцкопфные**, то есть с односторонним всасыванием, машины. Полость цилиндра, обращенная к картеру, остается нерабочей. Поэтому увеличиваются диаметры цилиндров и периметры уплотняющих колец, что ведет к увеличению в 2–2,5 раза затрат энергии на трение поршней в цилиндрах, по сравнению с *крейцкопфными* компрессорами. Однако конструкция бескрейцкопфного компрессора проще, и при малой производительности и мощности до 40–50 кВт они являются более экономичными, имеют меньшие габариты. Масса таких машин значительно меньше крейцкопфных на те же параметры.

Двухступенчатые бескрейцкопфные компрессоры иногда выполняют, применяя дифференциальный поршень, то есть двойной поршень с разными диаметрами частей, устраивая две степени сжатия в одном цилиндре. У такого компрессора примерно равны поршневые силы при прямом и обратном ходах поршня.

Недостатком этих компрессоров является большая утечка газа из второй степени в первую и увеличенная работа трения поршневых колец большего диаметра, которые подвергаются воздействию сжатого воздуха со стороны II и I ступеней.

На рисунке 2.2 показаны конструктивные схемы бескрейцкопфного (2.2, а) и крейцкопфного (2.2, б) компрессоров. Схема бескрейцкопфного двухступенчатого компрессора приведена на рисунке 2.2, в.

Локомотивные компрессоры должны обеспечивать потребность поезда в сжатом воздухе с достаточным избытком даже при самых неблагоприятных

* Крейцкопф (ползун) – деталь кривошипно-шатунного механизма, совершающая возвратно-поступательное движение по неподвижным направляющим. Крейцкопф разгружает поршень от поперечных усилий, что уменьшает износ цилиндров.

эксплуатационных условиях. По числу ступеней сжатия они бывают одно- и двухступенчатыми. Увеличение числа ступеней вызывается необходимостью ограничить температуру сжимаемого воздуха. Например, при сжатии в одном цилиндре до избыточного давления 0,3 МПа температура воздуха может достигать 180 °С. Трущиеся пары в компрессоре (цилиндры, поршни) смазываются маслом, которое при высоких температурах разлагается. Возникает опасность воспламенения и взрыва масляного нагара, который накапливается на поверхностях клапанов и крышках цилиндров, поэтому температура сжимаемого воздуха не должна превышать 180 °С.

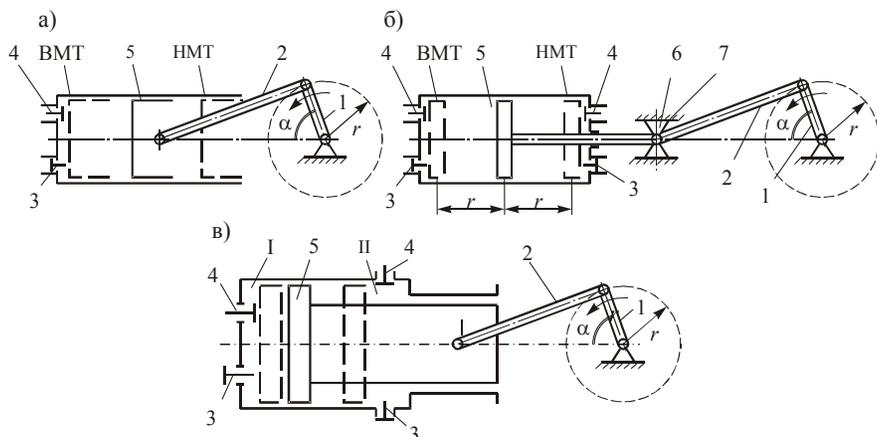


Рисунок 2.2 – Конструктивные схемы компрессоров:

a – бескрейцкопфного; *б* – крейцкопфного; *в* – бескрейцкопфного двухступенчатого (I, II ступени); 1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – нагнетательный клапан; 4 – всасывающий клапан; 5 – поршень; 6 – ползун (крейцкопф); 7 – направляющая; BMT, NMT – верхняя и нижняя «мертвые» точки

Чтобы уменьшить нагрузку на компрессоры локомотива, предусматривается их работа в повторно-кратковременном режиме, так как условия охлаждения рабочих цилиндров неудовлетворительные. Продолжительность включения под нагрузкой – не более 50 % при общем цикле 10 мин. Допускается непрерывная работа под нагрузкой до 45 мин двухступенчатого и до 15 мин одноступенчатого компрессоров, но не чаще 1 раза в течение двух часов.

При двухступенчатом сжатии воздух в компрессоре в цилиндре I ступени сжимается до некоторой промежуточной величины и поступает в холодильник, в котором его температура понижается практически до температуры всасывания, и затем поступает в цилиндр II ступени для окончательного сжатия. При этом меньше энергии расходуется на сжатие.

Для повышения надежности работы компрессорной установки на локомотивах обычно устанавливают два компрессора. *Надежность* компрессоров принято оценивать по следующим показателям: на 1000 часов работы 1000 компрессоров допускается не более чем три отказа. Это означает, что выход из строя компрессора во время движения поезда может произойти один раз на 10 миллионов километров пробега локомотива; ресурс компрессора до первого капитального ремонта – не менее 1,2 миллиона километров пробега. Оценивается также ресурс компрессора до первой плановой переборки (замена поршневых колец): 10000–13000 часов работы или 0,30–0,44 миллиона километров пробега. По условию сохранения свойств смазочных масел температура сжатого воздуха внутри компрессора не должна превышать 180 °С, а температура масла в картере – не более 85 °С. Компрессоры должны устойчиво работать при температуре окружающей среды до минус 55 °С.

Все используемые на железных дорогах бывшего СССР локомотивные компрессоры имеют воздушное охлаждение. В странах с жарким климатом нашли применение компрессоры с водяным охлаждением. В частности, компрессоры типа WLN фирмы Garden Denver США. На тепловозах водяная рубашка компрессора включается в емкость с охлаждающей водой двигателя внутреннего сгорания.

Локомотивные компрессоры принято классифицировать по следующим признакам:

- а) *числу ступеней сжатия* – одно- и двухступенчатые;
- б) *конструкции рабочего органа* и способу сжатия воздуха, поступившего в рабочее пространство, – поршневые, винтовые и роторные;
- в) *типу энергетического привода* – с индивидуальным приводом от электродвигателя (мотор-компрессоры), с приводом от главного вала дизеля (дизель-компрессоры) и с приводом от паросиловой установки паровоза (паровоздушные насосы).

В локомотивных компрессорных установках применяются главным образом поршневые бескрейцкопфные компрессоры, которые различаются: по числу рабочих цилиндров – одно-, двух- и многоцилиндровые; по схеме расположения цилиндров – вертикальные, горизонтальные, *V*- и *W*-образные с веерным расположением трех цилиндров. Угол расположения цилиндров у *V*-образных – 90°, у *W*-образных угол развала внешних цилиндров – 120 или 132°.

На тепловозах и электровозах распространение получили *W*-образные компрессоры серии КТ (КТ6, КТ7, КТ6Эл Полтавского завода в Украине), которые построены по общей конструктивной схеме и имеют одинаковый принцип действия. Компрессоры КТ6 и КТ7 отличаются направлением вращения коленчатого вала.

В настоящее время в Российской Федерации выпускаются аналогичные компрессоры типового ряда серии ВШ, например ВШ 6,0/10-1000 (рисунок 2.3). Цифры в обозначении новых компрессоров означают максимальные производительность, давление и частоту вращения коленчатого вала.

Электропоезда ЭР2, ЭР9, ЭР-22, ЭР-200 постройки Рижского вагоностроительного завода оборудованы мотор-компрессорами типового ряда ЭК (ЭК7Б, ЭК7В), причем компрессоры ЭК-7Б применяются на электропоездах постоянного тока, а на поездах переменного тока установлены компрессоры ЭК-7В. Компрессоры отличаются только электродвигателями. На дизель-поездах ДР1А, ДР1П установлены компрессоры ВВ-1,5/9. В настоящее время выпускаются более мощные компрессоры ВВ-1,75/9.

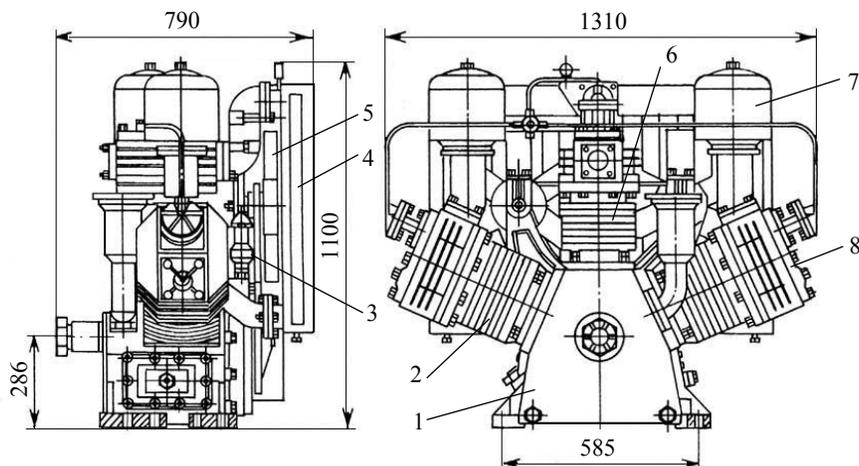


Рисунок 2.3 – Компрессор ВШ 6,0/10-1000:

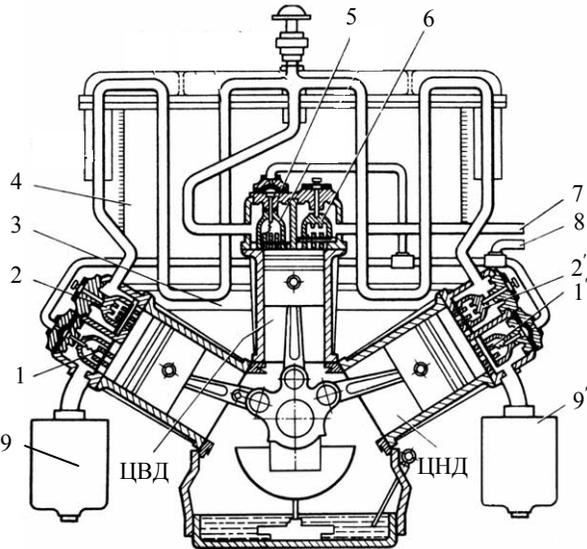
- 1 – картер; 2 – цилиндр низкого давления; 3 – предохранительный клапан; 4 – холодильник;
5 – вентилятор; 6 – цилиндр высокого давления; 7 – фильтр; 8 – клапанная коробка

Маневровые тепловозы постройки заводов Российской Федерации оснащаются компрессорами ВП-3,5/9 или ВП 3-4/9.

Принцип действия и устройство локомотивных компрессоров КТ, ВШ. Наиболее распространенные компрессоры серии КТ и ВШ (см. рисунок 2.3) представляют собой машины с двухступенчатым сжатием воздуха, они имеют по два цилиндра низкого давления (1-я ступень), размещенные под углом 30° к горизонтали у компрессоров КТ и 24° – у ВШ, и один цилиндр высокого давления (2-я ступень), разделенные холодильником. Диаметры цилиндров низкого давления – 198, а высокого – 155 мм.

Когда поршень одного цилиндра первой ступени (ЦНД – цилиндр низкого давления, правый по рисунку 2.4) движется вниз, то открываются всасывающие клапаны 1', и атмосферный воздух через фильтр 9' поступает в рабочую камеру ЦНД. В это время поршень второго цилиндра низкого давления перемещается вверх. При этом происходит сжатие воздуха и, когда давление достигает 0,3-0,4 МПа, он выталкивается через нагнетательный клапан 2 в соответствующую секцию 4 холодильника радиаторного типа. Из верхнего коллектора холодильника через клапан 5 воздух засасывается в рабочую полость цилиндра высокого давления (ЦВД), когда его поршень движется вниз. Во время движения поршня ЦВД вверх происходит окончательное сжатие воздуха и выталкивание его через клапан 6 в нагнетательную трубу 7.

Рисунок 2.4 – Схема работы компрессоров КТ, ВШ:
1, 1' – всасывающие клапаны ЦНД; 2, 2' – нагнетательные клапаны ЦНД; 3 – нижний коллектор холодильника; 4 – левая радиаторная секция; 5 – всасывающий клапан ЦВД; 6 – нагнетательный клапан ЦВД; 7 – нагнетательная труба в главный резервуар; 8 – подвод воздуха от регулятора давления к разгрузочным клапанам ЦВД и к клапанам всасывающим правого и левого ЦНД; 9, 9' – фильтры всасывающие



Нагнетательный клапан 6 открывается после того, как давление в рабочей полости ЦВД станет выше давления в объеме, который наполняется, это значит, в главных резервуарах. Разделение процесса сжатия воздуха на две ступени определяется следующими факторами:

- 1) процесс сжатия идет с выделением большого количества тепла, поэтому требуется интенсивное охлаждение компрессора и сжатого воздуха, чтобы повышение температуры не приводило к разложению смазочных масел;
- 2) с нагревом воздуха возрастает расход энергии на сжатие;

3) с увеличением давления в конце цикла сжатия уменьшается производительность компрессора из-за влияния вредного пространства между головкой поршня в верхней мертвой точке и крышкой цилиндра.

Величина вредного пространства определяется расстоянием между поршнем в верхней точке и крышкой цилиндра и составляет не менее 0,003 от рабочего объема цилиндра.

Компрессоры серии КТ на некоторых тепловозах имеют привод от главного вала тепловозного дизеля через муфту или через муфту и редуктор с понижением частоты вращения, поэтому коленчатый вал компрессора непрерывно вращается. При этом прекращение подачи воздуха после повышения давления в главных резервуарах (ГР) до заданного предельного давления достигается за счет того, что всасывающие клапаны цилиндров обеих ступеней остаются открытыми, и засасываемый воздух свободно прокачивается в ЦНД и обратно в атмосферу, а из ЦВД – в холодильник. Принудительное открытие всасывающих клапанов обеспечивается регулятором давления ЗРД путем подачи сжатого воздуха в разгрузочные устройства клапанных коробок. При снижении давления в ГР до заданной величины регулятор давления переключает всасывающие клапаны на нормальную работу.

Компрессоры ВШ и ряд компрессоров КТ имеют привод от индивидуального электродвигателя. Запуск такого компрессора при минимальном 0,7 МПа и отключение при максимальном 0,9 МПа предельных давлениях в ГР осуществляется автоматически включением и выключением электродвигателя с помощью регулятора давления АК-11Б и электроконтактора.

Компрессоры КТ и ВШ имеют смешанную систему смазки. Масло под давлением от масляного насоса поступает к шатунной шейке коленчатого вала и к шарнирным соединениям головки шатунов с поршнями. Регулирование подачи масла в каналы коленчатого вала и шатунов в зависимости от частоты вращения для компрессоров выпуска до 1971 г. осуществлялось инерционным клапаном 2, установленным на выступе вала. В компрессорах более поздних выпусков отверстие под клапан заглушено, а на торце масляного насоса установлен редукционный клапан 1, который при давлении масла более 0,35 МПа сбрасывает его избыток в картер (рисунок 2.5).

Масло поступает от масляного насоса через редукционный клапан 1, представляющий собой втулку, в которой размещен подпружиненный клапан 3 шарового типа. Усилие пружины 4 регулируется затяжкой винта с контргайкой и предохранительным колпачком. При давлении масла, превышающем 0,35 МПа, его избыток сбрасывается в картер компрессора по косому отверстию в корпусе коленчатого вала. При частоте вращения коленчатого вала 850 об/мин давление масла должно быть не ниже 0,25 МПа, а при 250 об/мин –

не менее 0,1 МПа. Остальные детали смазываются разбрызгиванием масла из картера при вращении коленчатого вала (барботирование).

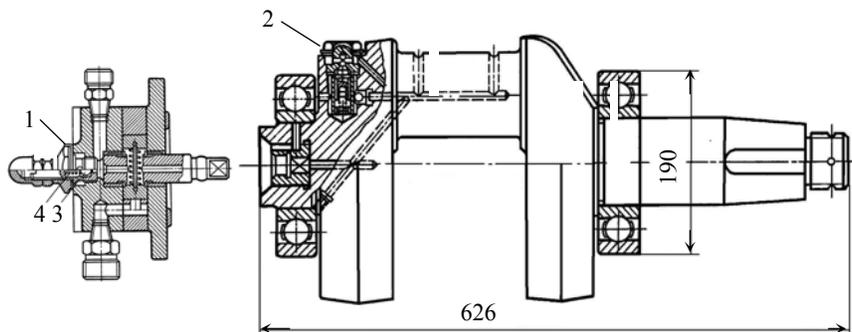


Рисунок 2.5 – Масляный насос и коленчатый вал компрессора КТ6 (КТ7):
1 – редукционный клапан; 2 – инерционный клапан; 3 – шаровой клапан; 4 – пружина

Для лучшей теплоотдачи наружная поверхность вертикального цилиндра высокого давления снабжена горизонтальными ребрами, а поверхность цилиндров низкого давления – ребрами, имеющими направление по продольной оси цилиндров (компрессоры КТ). У компрессоров ВШ, имеющих развал внешних цилиндров 132° , охлаждающие ребра размещены перпендикулярно продольной оси всех цилиндров.

Радиатор холодильника и цилиндры компрессора обдуваются вентилятором, крыльчатка которого приводится во вращение от коленчатого вала с помощью клиноременной передачи.

На верхнем коллекторе радиатора смонтирован предохранительный клапан, предотвращающий недопустимое повышение давления в компрессоре, так называемый «сапун».

Электрокомпрессоры ЭК7Б, ЭК7В. Применяются на электропоездах переменного и постоянного тока, в том числе на электропоезде ЭР200. Составляют из компрессора ВГ 0,8/8–720М и прифланцованного к нему электродвигателя с редуктором, предназначенным для понижения частоты вращения (рисунок 2.6). Компрессор – двухступенчатого сжатия с параллельным расположением ЦНД и ЦВД диаметрами по 112 мм. Блок цилиндров 5 отливается заодно с корпусом, закрываемым крышкой 2, и расположен горизонтально. Картер 8 имеет два отсека: в одном смонтирован редуктор, во втором установлен коленчатый вал 7. Разъемные головки шатунов 9 закреплены на коленчатом валу, а противоположные головки связаны с поршнями 6 при помощи запрессованных в них бронзовых втулок и поршневых пальцев. Порш-

ни имеют по два компрессионных и два маслосъемных кольца. Между крышкой 2 и корпусом блока цилиндров 5 расположены нагнетательные и всасывающие клапаны, выполненные в виде упругих пластин 4. По три пластины на каждый из цилиндров ЦВД и ЦНД выполняют роль всасывающих клапанов и столько же – нагнетающих клапанов. Полости нагнетания под крышкой 2 и всасывания разделены перегородкой.

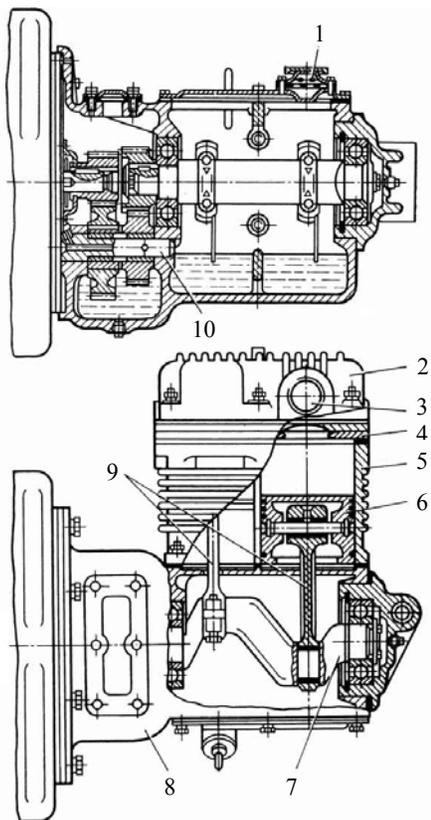


Рисунок 2.6 – Компрессоры ЭК7Б, ЭК7В

воздух из полости Б подается в главные резервуары через штуцер 15, а в полости А заканчивается процесс всасывания. При обратном ходе поршня воздух подвергается начальному сжатию в полости А и поступает в холодильник через штуцер 11, откуда подается в полость Б второй ступени сжатия.

Для предохранения от нежелательного завывшения давления в подпоршневом пространстве имеется предохранительное устройство – сапун 1.

Смазка редуктора привода и блока поршней – разбрызгиванием (барботажная). Положение оси 10 редуктора фиксируется специальным болтом.

Привод компрессора – от прифланцованного электродвигателя через редуктор 8. Воздух поступает на сжатие через отвод 3.

Компрессоры ЭК7Б, ЭК7В – устаревшие, имеют малую производительность ($0,58 \text{ м}^3/\text{мин}$) и повышенные виброакустические характеристики.

Компрессоры ВП 3,5/9-1100 и ВП 3-4/9 применяются на маневровых тепловозах ТГМ и на дизельпоездах. Компрессор ВП 3-4/9 – бескрейцкопфного типа (рисунок 2.7), I и II ступени сжатия которого находятся в каждом цилиндре. Сжатие выполняется дифференциальным поршнем 6 (в другом цилиндре – 13), при ходе которого от крышки 4 происходит всасывание атмосферного воздуха в полость А первой ступени цилиндра 10 и сжатие его в полости Б второй ступени.

По окончании процесса сжатия

Затем процесс повторяется. Процессы всасывания и сжатия во втором цилиндре 7 относительно первого 10 сдвинуты по фазе на 90° .

Всасывающие клапаны 5 первых ступеней состоят из десяти самопружинающихся пластин каждый, а нагнетательные – из восьми пластин. Во вторых ступенях всасывающие 9 и нагнетательные 14 клапаны имеют по три пластины и расположены на противоположных сторонах цилиндров. Штуцеры 11 и 15 соединяют компрессор с холодильником и главным резервуаром.

Смазывание цилиндров первых ступеней сжатия производится парами масла, поступающими во всасывающие полости в крышках из картера по специальным трубкам 3, проходящим вне корпуса 8. Воздушные фильтры 12 для всасываемого воздуха установлены на крышках цилиндров.

Компрессоры такого исполнения отличаются тем, что поршневые силы практически равны при прямом и обратном ходах поршня 13.

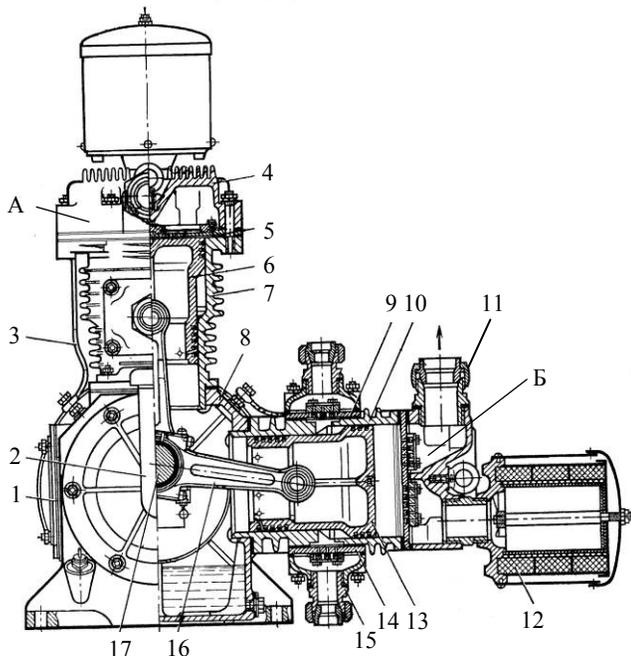


Рисунок 2.7 – Компрессор ВП 3-4/9

Недостатком этих компрессоров является значительная утечка газа из второй ступени Б в первую А. В связи с этим уменьшается экономическая эффективность таких компрессоров.

Фасонные цилиндры, горизонтальный 10 и вертикальный 7, укрепляются на корпусе 8 под углом 90° . Горизонтальный цилиндр может закрепляться с другой стороны компрессора вместо крышки 1. Шатуны 16 закреплены на коленчатом валу 17. Сапун 2 расположен на подшипниковой крышке.

В настоящее время в России выпускается компрессор ВУ 3,5/10-1450 (рисунок 2.8), имеющий привод от автономного электродвигателя или от главного вала двигателя подвижного состава непосредственно или через механическую или гидравлическую передачи. Привод вентилятора – клиновым ремнем от коленчатого вала.

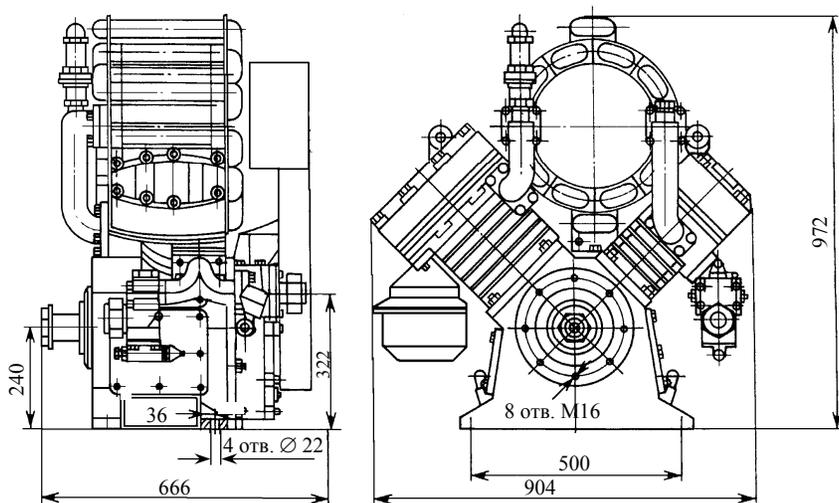


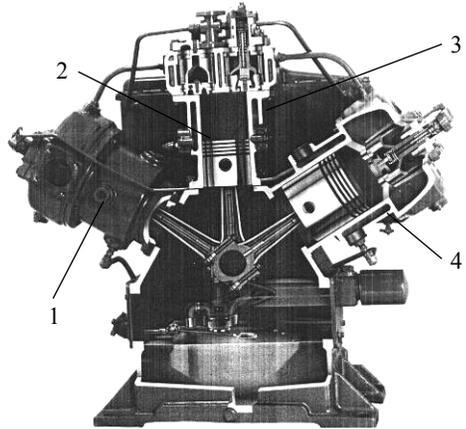
Рисунок 2.8 – Компрессор ВУ 3,5/10-1450

Уже упоминавшиеся поршневые компрессоры типа WLN, производимые в США, имеют конструктивную схему, аналогичную компрессорам КТ. Они выпускаются с воздушным охлаждением и с охлаждением водой (рисунок 2.9) из системы охлаждения главного дизельного двигателя.

2.3 Регулирование подачи компрессора

Подача, или производительность, компрессора определяется количеством (объемом) воздуха, который закачан в главные резервуары за единицу времени ($\text{м}^3/\text{мин}$). Это количество пересчитывается на условия всасывания (на атмосферное давление и температуру).

Рисунок 2.9 – Двухступенчатый компрессор с водяным охлаждением:
1, 2 – цилиндры низкого и высокого давления; 3, 4 – водяные рубашки



Упрощенное определение подачи – это объем воздуха, который компрессор забирает из атмосферы и после сжатия закачивает в главные резервуары (ГР) за единицу времени (минуту), причем давление в главных резервуарах ниже давления воздуха на выходе из компрессора:

$$Q_k = F_{\text{цнд}} h i n \lambda, \quad (2.5)$$

где $F_{\text{цнд}}$ – площадь поршня цилиндра или цилиндров (ЦНД) первой ступени (для двухступенчатого компрессора), м^2 ;

h – ход поршня ЦНД, м;

i – количество ЦНД;

n – количество двойных ходов поршня (частота вращения коленчатого вала), ходов/мин (оборотов/мин);

λ – коэффициент подачи.

К о э ф ф и ц и е н т п о д а ч и представляет собой отношение объема воздуха (приведенного к условиям всасывания), который закачан в главные резервуары, к величине объема, описываемого поршнями цилиндров низкого давления. На величину коэффициента подачи оказывают влияние (уменьшают) различные факторы, в том числе: величина «вредного» пространства (оптимально – 1–2 мм); утечки сжимаемого воздуха через неплотности поршневых колец и в радиаторе холодильника; потери давления из-за дросселирования в фильтрах тракта всасывания и в системе клапанов; наличие теплообмена между сжимаемым воздухом, корпусом цилиндра и поршнем и др. Совре-

менные двухступенчатые поршневые компрессоры имеют коэффициент подачи $\lambda = 0,70 \dots 0,75$.

В эксплуатации производительность локомотивной компрессорной установки значительно меньше, чем подача компрессоров, которую рассчитывают по формуле (2.5), поскольку, чтобы избежать перегрева и разложения смазочного масла, как правило, устанавливают повторно-кратковременный режим работы компрессора. Средняя продолжительность рабочей фазы ПВ (продолжительность включения) составляет 25–35 %, хотя нормативы допускают ПВ до 50 % с циклом до 10 мин. Такой режим работы компрессорной установки может понадобиться для обеспечения максимального расхода воздуха во время зарядки и отпуска тормозов в длинносоставных грузовых поездах.

Расход сжатого воздуха, потребного при ведении поезда, изменяется в широких пределах в зависимости от длины и массы поезда, профиля пути и режима ведения, герметичности тормозной системы и расхода на служебные нужды. Поэтому компрессор должен рассчитываться и проектироваться на определенные номинальные параметры. Необходимо, чтобы режим работы его совпадал или был близким к оптимальному. Производительность компрессорной установки, как правило, больше расхода, компрессор работает в запас на главные резервуары (ГР), пределы давлений в которых регламентированы Правилами по эксплуатации тормозов подвижного состава (на Белорусской железной дороге – СТП 09150.17.038-2006, на дорогах России – ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ/277, на дорогах Украины – ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015).

При достижении максимальной величины давления в главных резервуарах компрессоры должны выключаться или переводиться на холостой ход, а при снижении давления в ГР на 0,15 МПа – включаться в работу. Это регулирование работы локомотивных компрессорных установок осуществляется автоматически. Вообще регулирование работы компрессора заключается в обеспечении равенства его производительности и величины расхода сжатого воздуха в тормозной системе поезда и на служебные нужды. Поскольку расход воздуха в поезде может изменяться в широких пределах, то расчетная производительность компрессорной установки (КУ) должна устанавливаться соответствующей максимальному потреблению. Возможны следующие в и д ы р е г у л и р о в а н и я работы локомотивных компрессоров, заключающиеся в воздействии:

- на привод, то есть остановка и последующий запуск компрессора или уменьшение его подачи сокращением числа оборотов коленчатого вала;
- коммуникацию воздухопроводов после компрессора, то есть уменьшение или увеличение проходного сечения;
- клапаны;
- объем накопительных (главных) резервуаров;

– совокупность предшествующих способов (комбинированный).

На ряде локомотивных установок с приводом компрессора от электродвигателя применяют специальные устройства, которые предназначены для понижения частоты вращения коленчатого вала при запуске и разгоне компрессора. Например, на тепловозе ТЭП70 при запуске компрессора в цепь электродвигателя включается дополнительное сопротивление, которое шунтируется после разгона компрессора.

По характеру воздействия на привод с целью изменения объема подачи сжатого воздуха различают следующие виды регулирования: плавное, ступенчатое, прерывистое с периодическим прекращением подачи.

Плавное и ступенчатое регулирование осуществляют изменением числа оборотов коленчатого вала компрессора и перекрытием или дросселированием коммуникации всасывания. В локомотивных КУ железных дорог такие системы практически не применяются, так как локомотивные компрессоры, не имеющие достаточно эффективной системы охлаждения, не могут длительное время работать в рабочем режиме даже при снижении числа оборотов или уменьшении подачи сжатого воздуха.

Периодическое прекращение подачи сжатого воздуха в ГР можно осуществить остановками компрессора (применяется для компрессоров с автономным приводом от электродвигателя), а также переводом на холостой ход путем принудительного отжатия всасывающих клапанов или переключением линии нагнетания на всасывание (на атмосферу) для компрессоров с приводом от главного вала дизеля.

Остановка компрессора производится после достижения в главных резервуарах зарядного давления 0,9 МПа. При этом не потребляется энергия для работы компрессора, тем самым увеличивается реальный КПД. Включение компрессора происходит после снижения давления до 0,75 МПа.

Система регулирования работы компрессора путем остановки электродвигателя принята на электровозах, мотор-вагонном подвижном составе и некоторых типах современных тепловозов. Пуск и остановка производятся регулятором АК-11Б, ТSP-11 или ДЕМ-102, который включает и выключает контакторы в силовой цепи электродвигателя.

К числу недостатков этого способа регулирования относятся изменение параметров тока в сети при отключениях компрессора и частые повторения моментов запуска и остановки компрессора, отрицательно влияющие на его надежность.

Регулятор АК-11Б устанавливается на электровозах, электро- и дизель-поездах и на некоторых тепловозах, имеющих компрессоры с приводом от отдельного электродвигателя.

Регулятор (рисунок 2.10, схема действия показана на рисунке 2.11) смон-

тирован на плите 6 и закрыт колпаком 10, изготовленными из пластмассы. Плита прикреплена к металлическому фланцу 4 с резиновой диафрагмой 3. В корпусе регулятора размещаются неподвижные контакты 8 (плюс) и 9 (минус), а также две металлические стойки 17 с поперечной планкой 14. Регулирующая пружина 18 одним концом упирается в навинченную на стержень винта 15 пластмассовую планку 16, а другим – в гнездо на штоке 1, на который через резиновую диафрагму 3 давит сжатый воздух из главного резервуара ГР.

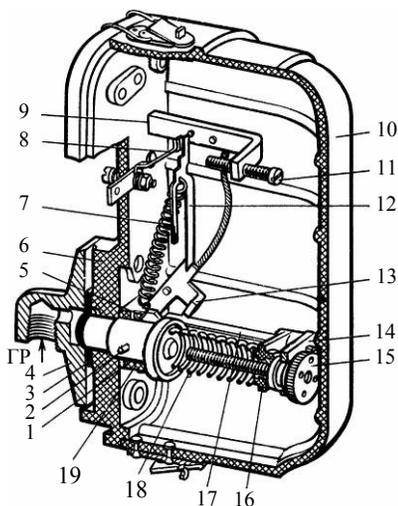


Рисунок 2.10 – Регулятор давления АК-11Б электровозного компрессора

ГР станет равным 0,75 МПа, происходит переброс контактной планки 12 и замыкание цепи питания контакторов через неподвижный контакт 8.

Окончательно регуляторы АК-11Б регулируются на локомотиве и моторвагонном подвижном составе на включение и выключение при давлении в ГР в установленных пределах.

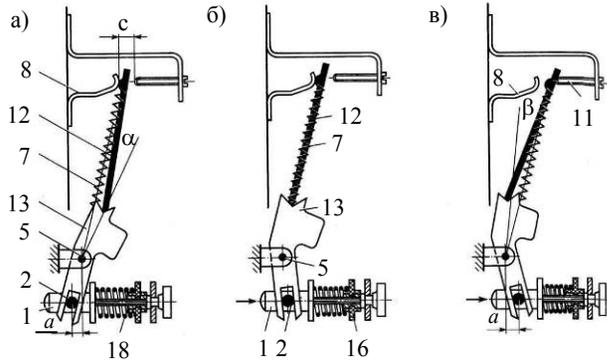
Регулятор давления ДЕМ-102 сифонного типа предназначен для автоматического включения и выключения компрессоров локомотива. Устанавливается на электровозах ВЛ-80^с вместо регулятора АК-11Б. Сиффон при помощи штанг соединен со скобой, имеющей два регулировочных винта, выведенных в верхнюю часть корпуса. На крышке имеется шкала для фиксации и контроля параметров. Регулировочные винты зафиксированы планкой и опломбированы.

При повышении давления в резервуаре ГР диафрагма 3 давит на стержень штока 1 и перемещает его вправо. Вместе со штоком перемещается подвижная ось 2, которая поворачивает рычаг 13, установленный на неподвижной оси 5 (в направляющей 19) и зацепленный с подвижной контактной планкой 12.

Контакт планки 12, будучи замкнутым с неподвижным контактом 8, образует цепь питания компрессора в рабочем режиме. Пружина 7 оказывается справа от контактной планки 12, что приводит к резкому перебросу планки вправо на винт 11 и размыканию цепи питания катушки контактора компрессора.

После снижения давления в ГР шток 1 перемещается влево вместе с диафрагмой 3. В момент, когда давление в

Рисунок 2.11 – Схема действия регулятора давления АК-11Б в различных положениях:
а – замыкания; *б* – в момент размыкания; *в* – размыкания



Регулятор TSP-11 (рисунок 2.12) применяется на электровозах постройки заводов Чехии с компрессорами К-1 и К-2.

Работой регулятора управляет металлический сильфон 2, который находится под давлением сжатого воздуха, поступающего из ГР через канал 1. При увеличении высоты сильфона толкатель 3 воздействует на рычаг 4, нагруженный пружиной 18. При включенном компрессоре пластина 12 пружиной 16 прижата к головке винта 6. Электрические контакты, включенные в цепи контактора компрессора, замкнуты усилием пружины 11. При повышении давления в ГР и внутри сильфона толкатель 3 перемещает рычаг 4 и при максимальном давлении в ГР пластина 12 перебрасывается в верхнее положение, размыкая через толкатель 10 электрические контакты 8, 9, 13, 14. Компрессор отключается, прекращая подачу сжатого воздуха через канал 1 в сильфон 2.

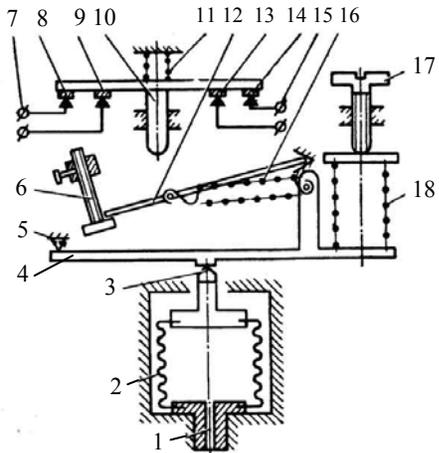


Рисунок 2.12 – Схема регулятора давления TSP-11

По мере снижения давления в ГР сильфон 2 сжимается усилием пружины 18, которая действует на конец рычага 4 относительно опоры 5. Пластина 12 усилием пружины 16 перебрасывается в нижнее положение, прекращая воз-

действие на толкатель 10. Пружина 11 замыкает обе пары контактов 8, 9 и 13, 14, находящихся в управляющей цепи контактора (зажимы 7 и 15) компрессора для его включения.

Давление включения и выключения компрессора регулируется вращением винта 6 и изменением усилия пружины 18 за счет вращения винта 17.

Способ ступенчатого регулирования изменением частоты вращения вала компрессора на локомотивах в настоящее время не применяется.

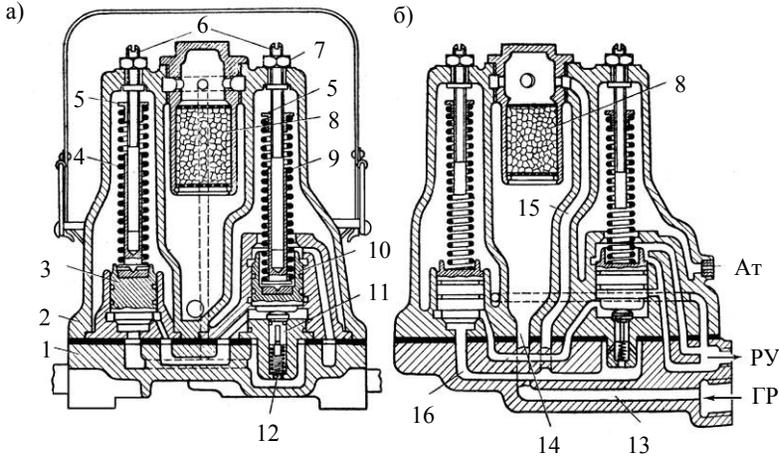
Регулирование воздействием на клапаны. Если при ходе сжатия всасывающие клапаны остаются открытыми, то воздух, поступивший в цилиндр при ходе всасывания, будет вытесняться обратно: из ЦНД (цилиндр низкого давления) – в атмосферу, а из ЦВД (цилиндр высокого давления) – в холодильник. Существенный недостаток способа – дополнительное воздействие на клапаны увеличивает их износ и уменьшает срок службы.

На тепловозах, на которых компрессоры работают с приводом от главного вала дизеля, регулирование производительности компрессорной установки КУ воздействием на всасывающие клапаны осуществляется автоматически при помощи **регулятора давления ЗРД**. Давление в главном резервуаре может быть установлено 0,75 МПа – нижняя граница и 0,85 или 0,9 МПа – максимальная величина давления на тепловозах.

Сжатый воздух из ГР при достижении в нем максимального давления через этот регулятор направляется в разгрузочные устройства клапанных коробок ЦНД и ЦВД, и всасывающие клапаны остаются открытыми, а компрессор переводится на холостой ход. После снижения давления в ГР до нижнего предельного давления регулятор ЗРД сообщает рабочие полости разгрузочных устройств с атмосферой, и всасывающие клапаны под воздействием пружин опускаются на седла – компрессор включается в работу.

Регулятор ЗРД (рисунок 2.13) собран в чугунном корпусе 2, прикрепленном к основанию 1, куда подведен сжатый воздух от главного резервуара ГР и разгрузочного пневматического устройства РУ, расположенного в крышках цилиндров компрессора. В корпусе регулятора находятся два винтовых стержня 6, на которых навинчены фасонные гайки 5. Заостренные головки гаек размещаются в продольном пазу корпуса, благодаря чему предотвращается их самопроизвольное отворачивание со стержней. В корпусе размещен выключающий клапан 3, нагруженный пружиной 4, которая отрегулирована на высокое давление в главных резервуарах. Включающий клапан 10, польный внутри, нагружен пружиной 9. Диаметр включающего клапана – 27 мм, а выключающего – 3–24 мм. Регулирование обоих клапанов производится вращением гаек 7, благодаря чему увеличивается или уменьшается усилие сжатия пружин 4 и 9. Клапаны 3 и 10 размещаются в бронзовых цилиндрах, закрепленных винтами. Снизу под клапаном 10 ввернуто гнездо с клапаном 11,

на который действует пружина 12, прижимая его к седлу. Для очистки воздуха, поступающего в регулятор, применяется фильтр 8.



Регулятор 2.13 – Регулятор давления № ЗРД тепловозного компрессора

Регулятор действует следующим образом. Воздух из главных резервуаров ГР по каналам 13 и 14 поступает в полость внутри резервуара, проходит через фильтр 8, затем по каналам 15 и 16 в корпусе регулятора поступает под клапан 3, который откроется при максимальном давлении сжатого воздуха в ГР. Одновременно из канала 16 воздух поступает и под клапан 10. В случае неплотности этих клапанов проникающий через них воздух удаляется через отверстия Ат и РУ. После открытия клапана 3 воздух проходит к включающему клапану 10, пружина которого отрегулирована на давление 0,75 МПа. Поднятие клапана 10 происходит быстро, причем своей юбкой он перекрывает канал сообщения регулирующего устройства РУ компрессора с атмосферой и одновременно регулирующий этот канал с главным резервуаром. Под давлением из ГР пластины всасывающих клапанов компрессора постоянно отжимаются от седел, и сжатия воздуха не происходит. В результате осуществляется вентиляция цилиндров компрессора, а давление в ГР понижается из-за расхода воздуха на питание тормозной сети.

После сообщения механизмов РУ с ГР давление над клапаном 3 повышается, и он садится на седло, а клапан 10 остается в поднятом положении, поскольку воздух из ГР подходит к его нижней торцевой поверхности через обратный клапан 11.

Когда давление в ГР из-за потребления сжатого воздуха снижается до 0,75 МПа, клапан 10 садится на седло под действием пружины 9, и юбка кла-

пана открывает сообщение разгрузочного устройства РУ с атмосферой. В результате освобождаются клапанные пластины всасывающих клапанов и компрессор начинает работать в нормальном режиме.

Регулирование перепуском с нагнетания на всасывание производится отключением нагнетательной трубы компрессора от ГР и соединением ее с атмосферой. Такие регуляторы применяются на локомотивах с компрессорами ПК-35, ВП 3-4/9 и ВВ-1,5/9.

В состав регулятора (рисунок 2.14) входят регулировочный клапан усл. № 525Б, обратный клапан № 526 и клапан холостого хода № 527Б.

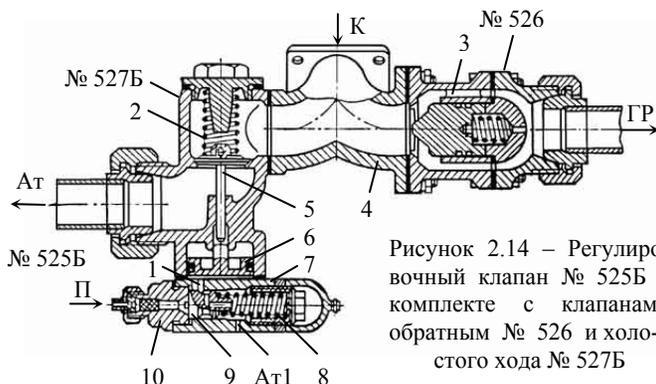


Рисунок 2.14 – Регулировочный клапан № 525Б в комплекте с клапанами обратным № 526 и холостого хода № 527Б

В режиме рабочего хода сжатый воздух от компрессора К через тройник 4 и полость 3 обратного клапана № 526 поступает в главный резервуар ГР. По достижении максимального давления в ГР, давление в питательной магистрали П также становится максимальным, и воздух из нее, проходя через дроссель 10 и полость 9, перемещает регулировочный клапан № 525Б, сжимая пружину 8 в корпусе 7, затем через отверстие 1 проходит под вертикальный поршень 6. Поднимаясь вверх, поршень 6 толкателем 5 открывает выпускной клапан и сообщает компрессор К с атмосферой Ат через клапан холостого хода № 527Б.

После снижения давления в ГР регулировочный клапан № 525Б под действием пружины 8 возвращается в исходное положение и сообщает полость под вертикальным поршнем 6 с атмосферой через отверстие Ат1. Выпускной клапан под действием пружины 2 садится на свое седло, перекрывая сообщение компрессора К с атмосферой Ат.

Всасывание и последующее вытеснение воздуха без сжатия хорошо охлаждает цилиндры компрессора, что благоприятно сказывается на его работе. Однако способы регулирования воздействием на клапаны – перепуском с на-

нагнетания на всасывание обладают существенными недостатками. К их числу относятся: повышенные затраты энергии на производство сжатого воздуха, так как и в режиме холостого хода компрессор потребляет значительную мощность; неравномерность подачи компрессора при изменении режима работы тепловозного дизеля из-за изменения частоты вращения главного вала дизеля и связанного с ним коленчатого вала компрессора. Например, на стоянке, после прицепки тепловоза к поезду, когда требуется быстро провести зарядку тормозной системы, производительность КУ будет минимальной, так как дизель работает на малых оборотах, на холостом ходу.

На графике (рисунок 2.15) показано изменение мощности, потребляемой компрессором КТ6 в рабочем режиме (линия 1), в режиме холостого хода при регулировании перепуском с нагнетания на всасывание (линия 2) и в режиме холостого хода при регулировании воздействием на всасывающие клапаны (линия 3).

Способ регулирования, заключающийся в изменении объема главных резервуаров ГР, на локомотивах не применяется.

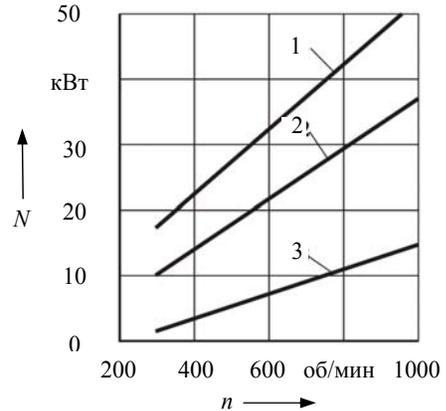


Рисунок 2.15 – Графики мощности, потребляемой компрессором КТ6 при различных режимах работы

2.4 Совершенствование локомотивных компрессоров

Оценивая соответствие характеристик транспортных компрессоров предъявляемым к ним требованиям, можно отметить, что для современных условий эксплуатации производительность основных типов компрессоров недостаточна. Это приводит к тому, что продолжительность включения (ПВ) их при зарядке и отпуске тормозов в длинносоставных грузовых поездах в отдельных случаях превышает 50 %. В результате ухудшается температурный режим работы компрессоров, резко снижается их надежность. Из-за высокой температуры, превышающей 200 °С, происходит разложение смазочных масел с выделением гудрона, который налипает на клапаны и ухудшает условия их работы. От действия высокой температуры теряет работоспособность резиновая диафрагма, уплотняющая поршень разгрузочного механизма всасывающего клапана компрессоров КТ. Быстро прогрессирует износ деталей поршневой группы, ведущий к снижению производительности КУ и, как следствие,

к увеличению продолжительности включенного состояния. Число отказов КУ в пути следования с требованием резерва достигает 0,13–0,17 на 1 млн км пробега локомотива (по ГОСТ – не более 0,10 отказа). Основные причины отказов: излом пружин и всасывающих клапанов, разрыв приводных ремней вентиляторов, разрушение поршней и шатунов, неисправности масляных насосов и предохранительных клапанов.

Серьезные недостатки имеет привод компрессоров КТ6, КТ7 от главного вала дизеля. Даже при работе на холостом ходу мощность, потребляемая компрессором, составляет 6,0–7,5 кВт, а номинальная – около 50 кВт. В то же время при работе дизеля на малых оборотах уменьшается подача компрессора, особенно у локомотивов, где главный вал дизеля и коленчатый вал компрессора соединены при помощи муфты, понижающей число оборотов (ТЭ121).

Локомотивные компрессоры не соответствуют современным требованиям по весовым и энергетическим характеристикам. Удельная масса их должна быть снижена до 55–70 кг, а потребляемая мощность – до 7,0–8,5 кВт на 1 м³/мин подачи. Требуется увеличить подачу компрессоров и их надежность.

Увеличение производительности компрессоров КТ6 достигается за счет повышения частоты вращения коленчатого вала с 850 до 1000 об/мин, а у компрессоров КТ6Эл – с 440 до 800 об/мин. Однако это требует ужесточения требований к балансировке шатунно-поршневой группы и противососов. Планируются некоторые конструктивные усовершенствования, которые позволят повысить надежность компрессоров типового ряда КТ. Например, для защиты резиновой диафрагмы разгрузочного устройства предложено изменить его конструкцию с тем, чтобы поднять диафрагму на 60 мм и вынести ее из зоны интенсивного нагрева. Для уменьшения ударных нагрузок на клапаны и шатунно-поршневую группу при переключении компрессора с режима холостого хода на рабочий и наоборот можно замедлить работу разгрузочного (отжимного) устройства, например, за счет уменьшения сечения отверстия для подвода воздуха от регулятора ЗРД.

Значительный эффект в увеличении надежности может дать совершенствование конструкции и технологии изготовления ответственных деталей, например, упрочнение трущихся поверхностей, применение прогрессивных материалов. Испытываются облегченные поршни из алюминиевых сплавов, однако их применение требует решения задачи компенсации разницы в коэффициентах температурного расширения материалов поршня, поршневых колец и блока цилиндров.

Выпускаемые локомотивы мощностью свыше 3000 кВт должны иметь компрессоры с подачей 4,2–4,5 м³/мин с учетом затрат сжатого воздуха на системы очистки и осушки. Для новых локомотивов перспективны винтовые компрессоры (роторные), имеющие меньший расход электроэнергии на про-

изводство сжатого воздуха и, соответственно, меньшую мощность двигателей (до 23 % по сравнению с поршневыми) и рассчитанные на срок службы 40 лет. Характерной особенностью винтовых компрессоров является то, что воздух сжимается при вращении винтового движителя, поэтому отсутствует холостой ход, как у поршневого компрессора, и вибрация установки.

Конструкция винтового компрессора запатентована в 1934 году. Надежность в работе, малая удельная металлоемкость, сравнительно малые габариты определяют широкое распространение их в стационарных условиях. В то же время поршневые компрессоры имеют большую надежность в условиях работы на локомотивах. Срок службы их примерно в два раза больше, чем винтовых.

Винтовые компрессоры могут быть сухого сжатия и маслонаполненные. Компрессор имеет два винтовых ротора (рисунок 2.16). Ведущий ротор 2 с выпуклой нарезкой через зубчатую передачу соединен с ведомым ротором 1, имеющим нарезку с впадинами. Роторы размещены в корпусе 4. Вращение их обеспечивается синхронизирующими шестернями 3.

Винтовые поверхности роторов 1 и 2 и стенок корпуса (рисунок 2.17) образуют рабочие камеры. При вращении роторов объем камер увеличивается, когда выступы удаляются от впадин, происходит процесс всасывания (рисунок 2.17, а), который заканчивается, когда объем камер достигает максимума. В этот период камеры оказываются изолированными стенками корпуса от всасывающего А и нагнетательного Б патрубков (рисунок 2.17, б). При дальнейшем вращении во впадину ведомого ротора вступает выступ ведущего ротора. Внедрение начинается у переднего торца, постепенно распространяется к нагнетательному патрубку, и сжатый воздух вытесняется в главный резервуар. Отсутствие клапанов и неуравновешенных механических сил обеспечивает возможность работать с высокими частотами вращения.

Маслозаполненные компрессоры, применяемые в последние годы, имеют меньшие скорости вращения, благодаря наличию масла уменьшается перете-

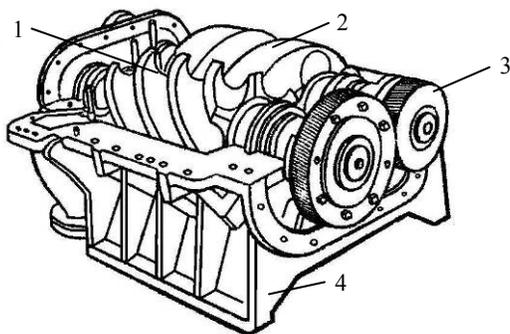


Рисунок 2.16 – Винтовой компрессор сухого трения:

1, 2 – ведомый и ведущий роторы; 3 – синхронизирующие шестерни; 4 – корпус

кание воздуха через внутренние зазоры, улучшается смазка винтового зацепления роторов и охлаждение сжимаемого воздуха.

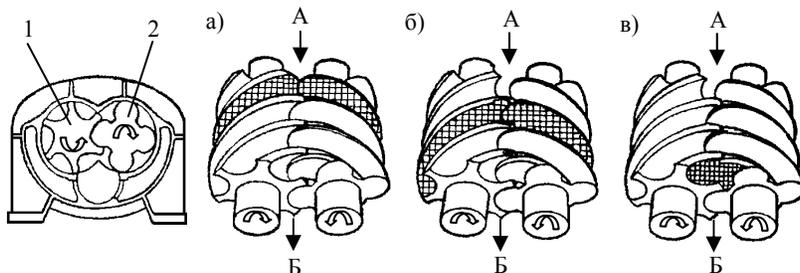


Рисунок 2.17 – Процесс работы винтового компрессора

Планируется изготовление блоков винтовых маслозаполненных компрессоров с подачей 4 и 6 м³/мин, в частности БВК4/9-1450 с подачей 4 м³/мин для температур от минус 55 до плюс 65° С.

В настоящее время ведется активное сотрудничество с фирмой Compair (Англия), разработавшей вариант винтовых компрессорных модулей для тепловоза 2ТЭ116, а также роторно-пластинчатые машины с подачей 0,8–1 м³/мин для электропоездов.

Винтовые компрессоры большой производительности до 25 м³/мин, например 6ВКМ-25/8, применяются на пунктах технического обслуживания вагонов и на АКП (цех по ремонту тормозных приборов) вагонных депо. Винтовые компрессоры серии ВК различной производительности выпускает завод «Ремеза» в г. Рогачев, Республика Беларусь.

2.5 Способы осушки сжатого воздуха

Качество сжатого воздуха, используемого для работы тормозов и другого пневматического оборудования, характеризуется, в первую очередь, содержанием водяных паров, то есть его **влажностью**.

Конденсируясь в трубопроводах и тормозных приборах, влага вымывает смазку и способствует интенсивному корродированию стальных труб и деталей тормозов. Мелкие частички отслоившейся ржавчины засоряют каналы и дроссельные отверстия, нарушают плотность клапанов, в результате чего нарушается чувствительность и надежность работы тормозных приборов. В зимнее время наличие влаги в тормозной системе является причиной образования ледяных пробок в воздухопроводах и каналах малого сечения; обмерзая, теряют эластичность резиновые манжеты и диафрагмы воздухораспреде-

лителей. Все это может привести к отказу тормозов. Необходимо обеспечить такие условия работы тормозных систем, чтобы исключить или свести до минимума попадание влаги в тормозные приборы.

Уровень влажности воздуха в тормозной магистрали поезда определяется разностью температур в магистрали и в главном резервуаре (ГР). Чем меньше охладится воздух в ГР, тем больше содержание в нем водяных паров и тем больше влаги будет выделяться при дальнейшем охлаждении в тормозной магистрали и воздухораспределителях.

Предельная граница влажности воздуха должна быть такой, чтобы при дальнейшем снижении температуры на 2 °С он не переходил в насыщенное состояние и влага не выделялась в тормозной системе. Относительная влажность воздуха для этого должна быть не более 0,8–0,85. Воздух, содержащий водяных паров больше 85 % от количества, которое значится в таблице 2.2 для данной температуры, считается некачественным, поскольку может быть причиной выделения конденсата в тормозной системе.

Таблица 2.2 – Характеристики насыщенного водяного пара в зависимости от температуры при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.)

Температура, °С	Парциальное давление водяного пара p_n , Па	Максимальная влажность ρ_m , г/м ³	Температура, °С	Парциальное давление водяного пара p_n , Па	Максимальная влажность ρ_m , г/м ³
–20	130	1,1	50	12578	83,0
–10	290	2,3	80	48290	293,4
0	620	4,8	100	103320	597,7
10	1250	9,4	150	485400	2547,0
20	2380	17,3	180	1022500	5157,0

Поэтому температура воздуха в последнем ГР не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 3–4 °С и не более чем на 1–2 °С температуру воздуха, поступающего в кран машиниста.

В атмосферном воздухе, кроме азота (около 78 % по объёмному содержанию), кислорода (21 %) и других газов, всегда содержится некоторое количество водяных паров. Например, при относительной влажности воздуха 70 % объёмное содержание водяных паров в нем составляет около 1 %. Для характеристики влажности воздуха применяются следующие основные гигрометрические величины:

– *максимальная влажность* (ρ_m) – количество водяных паров, соответствующее полному насыщению 1 м³ воздуха при данных давлении и температуре (см. таблицу 2.2);

– *абсолютная влажность* ($\rho_{\text{п}}$) – физическое содержание водяных паров в 1 м^3 воздуха при данной температуре. Абсолютная влажность $\rho_{\text{п}}$ не характеризует степень насыщения воздуха водяными парами, поскольку значения $\rho_{\text{п}}$ при различных температурах могут быть одинаковы. При высокой температуре эта величина характеризует меньшее насыщение, чем при низкой температуре, когда насыщение больше;

– *дефицит влажности* (D) – разность между максимальной и абсолютной влажностью воздуха. От дефицита влажности зависит интенсивность испарения. Величина $D = \rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}}$ удобна для практической оценки состояния сжатого воздуха;

– *относительная влажность* (φ), или степень насыщения, – отношение количества водяных паров, содержащихся в воздухе, к количеству паров, насыщающих воздух при таком же давлении и температуре (отношение абсолютной влажности к максимальной);

– *точка росы* – температура, при которой относительная влажность достигает 100 % ($\varphi = 1$) и водяной пар начинает конденсироваться;

– *влагосодержание* (d) – отношение массы водяных паров во влажном воздухе к массе сухого воздуха в нем;

– *парциальное давление*, или упругость водяного пара, насыщающего воздух ($p_{\text{п}}$), и перегретого, не насыщающего воздух ($p_{\text{п}}$), – давление компонента газовой смеси, которое он оказывал бы, если бы один занимал весь объем.

Относительная влажность атмосферного воздуха (при барометрическом давлении) зависит от климатических условий. Обычно она составляет 60–80 %. В компрессоре воздух сжимается, при сжатии повышается температура воздуха, и его относительная влажность уменьшается в большей степени. Влагосодержание воздуха при сжатии не изменяется, так как количество водяных паров, полученных при всасывании воздуха, остается неизменным.

При охлаждении сжатого воздуха относительная влажность возрастает, когда она достигнет значения $\varphi = 1$, часть избыточной влаги выпадет в виде капель и может быть удалена продувкой. В результате уменьшится влагосодержание воздуха и его абсолютная влажность. В локомотивных компрессорах типового ряда КТ холодильник между 1-й и 2-й ступенями обдувается атмосферным воздухом при помощи вентилятора. Благодаря этому температура воздуха на выходе из холодильника примерно на 60 ... 100 °С ниже, чем на входе, однако этого оказывается недостаточно для наступления «точки росы», так как температура охлажденного воздуха выше температуры всасываемого воздуха на 30 ... 60 °С.

После второй ступени сжатия воздух поступает в нагнетательный трубопровод и в главные резервуары, где происходит его интенсивное охлаждение при сохранении или некотором понижении давления. Температура воздуха на выходе из компрессора, в зависимости от условий работы, составляет 120 ... 200 °С, в первом ГР – на 20 ... 40 °С, а в последнем ГР – на 3 ... 10 °С выше температуры окружающего воздуха. Снижение температуры сжатого воздуха приводит к увеличению его относительной влажности и насыщению парами влаги. При дальнейшем охлаждении, как только относительная влажность превысит 100 % ($\phi > 1$), происходит конденсация части водяных паров. Выпавшая влага собирается в ГР, а частично уносится в тормозную систему. Окончательное охлаждение воздуха происходит в тормозной магистрали в приборах, где продолжается конденсация влаги. Чем меньше будет перепад температур между последним ГР и окружающим воздухом, тем больше влаги сконденсируется в ГР и меньше попадет в тормозную систему. Из главных резервуаров влага удаляется периодической продувкой.

При прохождении сжатого воздуха через кран машиниста давление уменьшается – редуцируется. Благодаря этому происходит осушка воздуха, снижение его относительной влажности ϕ .

Степень влажности воздуха зависит от величины перепада давлений по обе стороны редуктора. Чем больше перепад, тем суше будет воздух на стороне пониженного давления.

Влажность воздуха в тормозной магистрали зависит от разности температур в главном резервуаре и в магистрали. Чем больший перепад температуры, тем больше в рабочем воздухе водяного пара.

Осушку сжатого воздуха от водяных паров и очистку от паров масел производят путем поглощения различными веществами (адсорбция и абсорбция) и охлаждением. Предотвратить замерзание конденсата в тормозной системе можно путем введения в сжатый воздух паров спирта или удалением влаги.

Абсорбция – свойство веществ (абсорбентов) химически взаимодействовать с водой. В химической промышленности для осушки технологических газов применяют жидкие абсорбенты диэтиленгликоль и триэтиленгликоль. В транспортных компрессорных установках этот способ распространения не получил, так как, поглощая влагу, абсорбенты разжижаются, и восстановление их свойств для повторного использования затруднено, а для некоторых абсорбентов невозможно.

Адсорбция – свойство некоторых пористых веществ (природных или искусственных) концентрировать на своей поверхности водяной пар. Количество водяного пара, сосредоточивающегося на поверхности, увеличивается при понижении температуры и повышении влажности воздуха. Благодаря этому адсорбенты обладают свойством регенерируемости – после сушки подогревом

или продувкой газом, не содержащим водяных паров, способность адсорбентов поглощать влагу восстанавливается.

В качестве адсорбентов в системах осушки сжатого воздуха на локомотивах ВЛ11 и ТЭП70 используются с и л и к а г е л и (микропористое тело, полученное прокаливанием геля* поликремниевой кислоты, состоит из двуокиси кремния SiO_2 марки КАКГ в количестве 8 кг. В адсорберных установках тепловозов ТЭ10М и 2ТЭ116 применяется смесь из 5 кг силикагеля и 7 кг ц е о л и т а (алюмосиликат, кристаллическая структура которого образована тетраэдрическими фрагментами SiO_4 и AlO_4 , объединенными общими вершинами в трехмерный каркас, пронизанный полостями и каналами). Смесь способна селективно выделять и впитывать воду, то есть представляет собой молекулярное сито. Размеры гранул адсорбентов составляют 3–7 мм. Это пористые вещества с насыпной массой 500–700 кг/м³, имеющие сильно развитую сеть капилляров: боковая поверхность для 1 кг массы вещества достигает $4 \cdot 10^5$ м². Благодаря этому обеспечивается высокая влагоемкость адсорбентов – воздух осушается до относительной влажности $\phi = 0,02 \dots 0,03$, что соответствует точке росы при температуре минус 30 ... 50 °С.

Недостатком силикагелей и цеолитов является их малая механическая прочность. В процессе работы гранулы истираются, продукты износа загрязняют фильтры и попадают в тормозные приборы, выводя их из строя. Срок службы адсорбентов в КУ локомотивов установлен один год. За этот период механические потери адсорбента достигают 10–15 % и более. Более высокой механической прочностью и устойчивостью к воздействию капельной влаги отличается а л ю м о г е л ь – активная окись алюминия. В транспортных КУ железных дорог Японии и Германии в качестве поглотителей в адсорберах используются металлические шарики или спеченная мелкопористая масса сложного состава (в коалесцентных осушителях).

Адсорбенты обладают ограниченной влагоемкостью. Например, до момента «проскока» влаги в воздухе, покидающем слой адсорбента (динамическая влагоемкость) в процессе эксплуатации, силикагели поглощают 50–80, а цеолиты – 80–160 г влаги на 1 кг адсорбента. Исходя из этого, для многократного использования системы осушки устраивают из двух адсорберов. В одном из них происходит осушка воздуха, а в другом – регенерация адсорбента. Затем функции адсорберов меняются. Такая система применяется на тепловозах ТЭМ10, 2ТЭ116 (рисунок 2.18).

* Гели – дисперсные системы, в которых частицы дисперсной фазы образуют пространственную сетку. Высушиванием гелей получают хрупкие микропористые тела, называемые аэрогелями (силикагель, алюмогель).

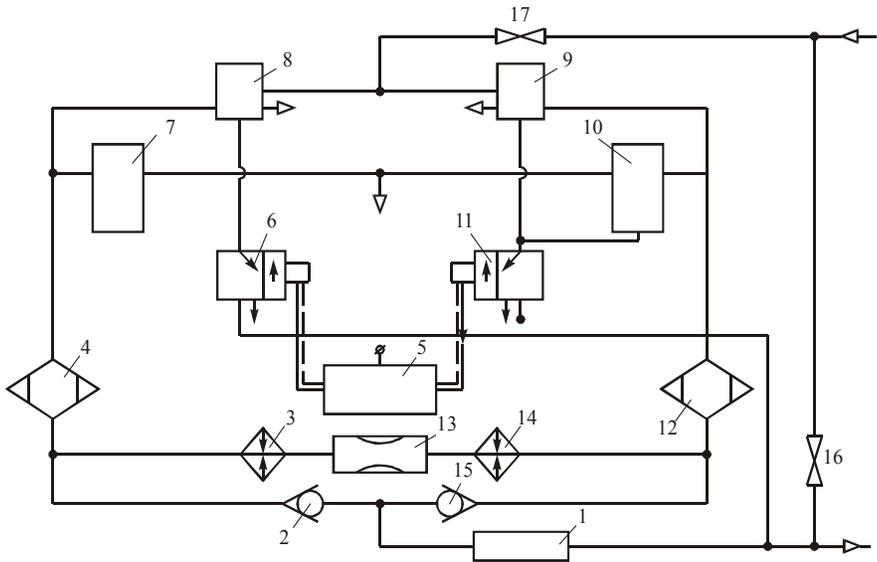


Рисунок 2.18 – Принципиальная пневматическая схема установки для осушки сжатого воздуха тепловозов 2ТЭ10М и 2ТЭ116

Установка осушки воздуха представляет собой два адсорбера 4 и 12, пылеотделитель 1, по два нормально открытых и нормально закрытых клапана 7, 8 или 9, 10, два обратных клапана 2 и 15 и два электропневматических вентиля 6 и 11. Подогреватели воздуха 3 и 14 располагаются в глушителе тепловозного дизеля, они обогриваются выхлопными газами. Контактор 5, поочередно включающий в работу адсорберы, устанавливается отдельно на воздухоочистителе дизеля.

Адсорбер представляет собой металлический ящик, внутри которого установлена теплоизолированная емкость, заполненная адсорбентом, например цеолитом, который поглощает влагу из проходящего через него сжатого воздуха.

Осушенный воздух пропускается через стакан пылеотделителя 1, обтянутый фильтровальной тканью.

Система осушки включена в пневматическую цепь тепловоза за 4-м главным резервуаром перед поступлением воздуха в питательную магистраль локомотива. Часть осушенного воздуха поступает через дроссель 13 в подогреватели 3 и 14 и затем через клапаны 7 или 10 выдувается в атмосферу.

Адсорбер при необходимости может быть отключен перекрытием клапана 17 и открытием клапана 16.

Регенерация адсорбента осуществляется повышением температуры до 200 ... 400 °С при пропускании через него подогретого воздуха, прошедшего осушку, причем подогрев осуществляется выхлопными газами дизеля. Режим работы устанавливается длинноцикловой, продолжительность цикла 2–6 часов поддерживается автоматически. Расход сжатого воздуха на регенерацию достигает 15–30 % производительности КУ. На локомотивах ВЛ11, ТЭП70 и дизель-поезде ДР1А применяется одноадсорберная безнагревная короткоцикловая автоматическая система сушки.

Нагнетаемый компрессором воздух предварительно охлаждается в трубопроводе и затем поступает в сепаратор-осушитель, где очищается от частиц масла и воды и осушается на адсорбенте. Сухой воздух поступает в главные резервуары, а затем – в питательную и тормозную магистрали. При повышении давления в питательной магистрали до 0,9 МПа регулятор ЗРД отключает компрессор и открывает продувочный клапан адсорбера, через который происходит выброс воздуха вместе с водомасляной эмульсией в атмосферу.

Продувка адсорбента и его регенерация производится осушенным воздухом при давлении 0,75–0,80 МПа. При давлении 0,75 МПа срабатывает регулятор ЗРД, продувочный клапан закрывается, включается компрессор, и цикл подачи воздуха, его осушки и очистки повторяется. Таким образом, осушка воздуха в адсорбере осуществляется при работе компрессора, а процесс регенерации – при отключенном компрессоре продувкой слоя адсорбента осушенным воздухом из ГР. Переключение адсорбера производится автоматически, продолжительность цикла определяется продолжительностью включенного состояния (ПВ) компрессора. Расход сжатого воздуха на регенерацию адсорбента в зависимости от ПВ компрессора составляет 10–40 %.

Степень осушки воздуха, определяемая запасом по температуре точки росы, также зависит от ПВ компрессора. Для короткоцикловой безнагревной одноадсорберной системы запас составляет 2 ... 3 °С, для двухадсорберной – 12 ... 20 °С.

Общим недостатком обеих систем осушки является значительный расход сжатого воздуха на регенерацию адсорбента, что приводит к перегрузке компрессора.

Осушка сжатого воздуха охлаждением. При охлаждении сжатого воздуха увеличивается его относительная влажность, после насыщения избыточная влага конденсируется и выпадает в виде капель. В КУ локомотивов воздух охлаждается при прохождении через систему трубопроводов и главных резервуаров. Интенсивность охлаждения увеличивается за счет удлинения трубопроводов (змеевиков), увеличения охлаждающей поверхности с помощью ребер, рационального размещения главных резервуаров в местах обдуваемых при движении поезда потоком встречного воздуха. Этот способ

наиболее перспективен, так как не требует значительных капитальных затрат и не создает дополнительных трудностей в эксплуатации КУ.

Автоматические осушающие клапаны в главных резервуарах. Принцип действия клапанов основан на использовании закона Бернулли, согласно которому в движущейся жидкости (или газе) сумма статического и динамического давлений есть величина постоянная. При снижении статического давления возрастает динамическое, и наоборот.

Закон Бернулли учитывает разность давлений на входе и выходе клапана. Благодаря перепаду давлений часть потенциальной энергии превращается в кинетическую при поступлении воздушно-водяной смеси через вход клапана. При этом скорость потока возрастает, поскольку статическое давление падает, а динамическое увеличивается.

Воздушно-водяная смесь ударяется в диск (рисунок 2.19) и движется в радиальном направлении через отверстие выхлопа. Общее давление остается постоянным, а статическое – возрастает, поэтому вода вытекает в щель между диском и седлом клапана (открытое положение). Если воздух сухой, то возрастает динамическое давление и диск устанавливается на место, перекрывая поток воздуха (закрытое положение). Такой принцип действия применяется в новых клапанах типа 686 фирмы Graham-White (США), которые используются в первичной системе осушения сжатого воздуха в главных резервуарах.

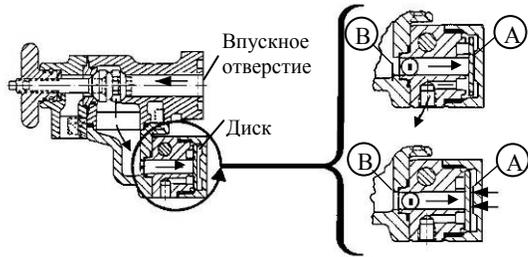


Рисунок 2.19 – Схема удаления влаги из главных резервуаров

Здесь могут применяться также осушающие клапаны, получающие сигнал на включение в работу от электронного таймера. Вторичная система предусматривает осушку воздуха на пути в тормозную систему. Если воздух сухой, то цикл завершается быстро, благодаря чему в атмосферу выходит небольшое количество воздуха.

Предотвращение замерзания конденсата в тормозной магистрали.

Введение паров спирта в сжатый воздух снижает температуру замерзания конденсата и предотвращает тем самым образование ледяных пробок. Подачу спирта в сжатый воздух осуществляют при помощи спиртоиспарителей и спиртораспылителей (рисунок 2.20), устанавливаемых на питательной магистрали. Опытными установками для подачи спирта в сжатый воздух оборудо-

валась часть электровозов серий ВЛ23, ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ЧС. Максимальный потребный расход спирта достигал 0,73 г на 1 м³ воздуха при температуре атмосферного воздуха минус 10 ... 15 °С и относительной влажности, близкой к 1,0. При меньшей влажности потребность в спирте уменьшалась.

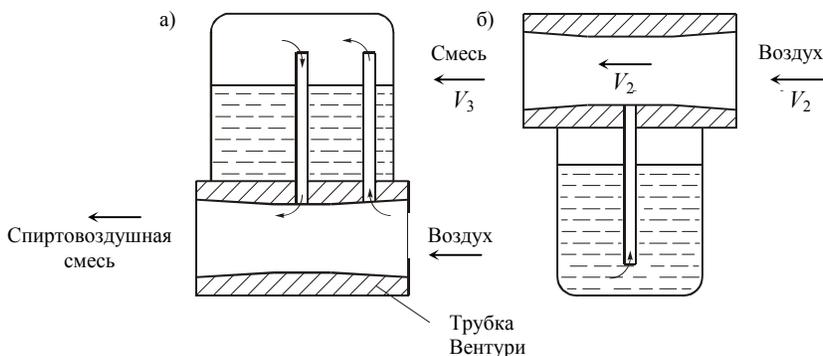


Рисунок 2.20— Спиртоиспаритель (а) и спиртораспылитель (б)

Изменение влагосодержания воздуха, поступающего в тормозную систему, приводит к накоплению влаги в главных резервуарах, поэтому требуется периодическая продувка пневматического оборудования, контроль в пути следования за местами перемерзания трубопроводов.

На ряде локомотивов, например на грузовых электровозах ДЭ1 производства Днепропетровского НПК «Электровозостроение», применяется система осушки сжатого воздуха с помощью жалюзийных сепараторов влаги, которые размещены в главных резервуарах. Перед главными резервуарами установлен змеевик для предварительного охлаждения сжатого воздуха. На выходе из второго главного резервуара температура сжатого воздуха снижается почти до температуры окружающей среды. Конструкцией жалюзийных сепараторов предусматривается конденсация влаги и ее сосредоточение (локализация) в замкнутом объеме с последующим удалением клапанами продувки в атмосферу.

Поскольку конденсация влаги происходит в главных резервуарах, то сконденсировавшаяся пленка жидкости может срываться потоком воздуха и перемещаться по тормозной системе, что приведет к переувлажнению сжатого воздуха.

В Омском государственном университете путей сообщения разработан проект осушки и очистки воздуха от влаги системой (рисунок 2.21), содержащей адсорбционный осушитель 9 с индикатором влажности 10 и теплообменник 3, размещенный перед влагоотделителем 5. Теплообменник дополнительно переохлаждается примерно на 10 °С за счет испарения конденсата, который удаляется из влагоотделителя 5 системой орошения 4 через вентиль 8

и затем распыляется над поверхностью теплообменника 3. Интенсивность испарения возрастает при обдуве теплообменника вентилятором. Предварительное охлаждение воздуха осуществляется вентилятором компрессора 1 в радиаторе 2.

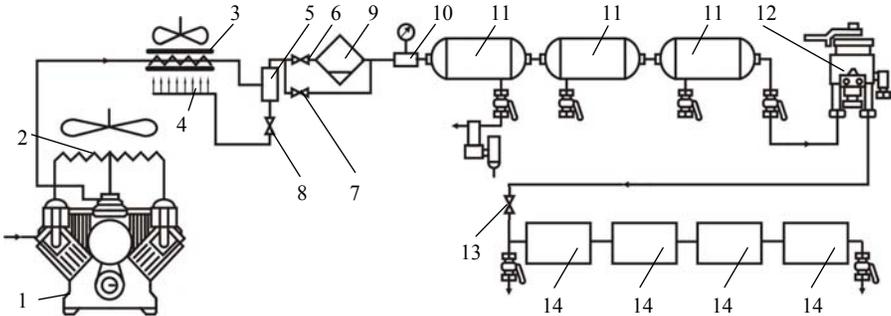


Рисунок 2.21 – Схема осушки сжатого воздуха в тормозном оборудовании на локомотиве

В летний период, после сжатия воздуха в компрессоре 1, его фактическое влагосодержание не изменилось и составляет примерно $ds_{\text{ф}} = 39 \text{ г/м}^3$, что значительно больше равновесного при данных условиях ($ds = 2,2 \text{ г/м}^3$), поэтому конденсат удаляется во влагоотделителе 5, и осушенный воздух поступает в главные резервуары 11 через открытые вентили 7 и 8, минуя адсорбент 9 (вентиль 6 закрыт). В главных резервуарах при давлении 0,8–0,9 МПа равновесное влагосодержание воздуха $ds = 12 \text{ г/м}^3$ больше, чем у осушенного, и воздух, не выделяя влаги, поступает в кран машиниста 12, а затем с пониженным давлением до 0,50–0,53 МПа направляется в тормозную магистраль через кран 13. Поскольку равновесное влагосодержание воздуха составляет $ds = 20 \text{ г/м}^3$, а фактическое – $ds_{\text{ф}} = 2,2 \text{ г/м}^3$, то выпадение конденсата исключается.

В зимний период, хотя равновесное влагосодержание воздуха в окружающей среде $ds = 0,9 \text{ г/м}^3$ мало, в охлажденных главных резервуарах 11 оно еще меньше, и влага осаживается в них и в магистралях тормозного оборудования, поскольку температура их поверхностей значительно меньше температуры воздуха во влагоотделителе 5. Поэтому воздух после охлаждения в теплообменнике 3 направляется в адсорбционный блок 9, где он осушается до остаточного влагосодержания $ds = 0,01 \text{ г/м}^3$, что исключает выпадение конденсата в главных резервуарах и в тормозной магистрали.

В переходный период (осень, весна) температура сжатого воздуха в главных резервуарах на 10 ... 15 °С ниже, чем во влагоотделителе 5, и равновес-

ное влагосодержание соответственно уменьшается до $ds = 1,0 \dots 1,7 \text{ г/м}^3$, в то время как во влагоотделителе фактическое влагосодержание составляет $ds_{\phi} = 9 \text{ г/м}^3$. Поэтому в главных резервуарах будет выделяться конденсат, примерно 8 г/м^3 . Чтобы этого не происходило, воздух после охлаждения в теплообменнике 3 направляется через открытый кран 6 в адсорбер 9, где он осушается до остаточного влагосодержания $ds_{\phi} = 0,01 \text{ г/м}^3$. Благодаря этому в главных резервуарах и тормозной магистрали вагонов 14 конденсация влаги не происходит.

2.6 Очистка воздуха в тормозных системах

В состав загрязнений сжатого воздуха, кроме воды, входят компрессорное масло, твердые и газообразные примеси. Источником загрязнений маслом является, главным образом, смазка компрессора, особенно при недостаточной плотности поршневых колец. Кроме того, через всасывающий фильтр могут попадать масла, находящиеся во взвешенном или парообразном состоянии в окружающем воздухе. Содержание масла в сжатом воздухе на выходе из поршневого компрессора в зависимости от степени износа поршневой группы может достигать $50\text{--}100 \text{ мг/м}^3$ и более. В роторных и винтовых маслозаполненных компрессорах поступление масла в нагнетательный трубопровод и далее в тормозную систему в $1,5\text{--}2,0$ раза больше, чем у поршневых.

Нельзя сказать, что наличие масла в сжатом воздухе играет только отрицательную роль. В значительной мере оно препятствует коррозированию внутренних поверхностей воздухопроводов, не имеющих защитного покрытия, и у локомотивов, и у вагонов.

Основное количество твердых загрязнителей сжатого воздуха составляют частички ржавчины и окалины внутренних поверхностей трубопроводов. Значительное количество минеральных загрязнений попадает в тормозную систему через соединительные рукава магистрали и при ремонте тормозов.

Фильтры предназначены для максимальной очистки сжатого воздуха от всевозможных загрязнений, поскольку от чистоты воздуха, как энергетического элемента, во многом зависит надежность работы всех конструктивных элементов тормоза.

Наибольшее распространение получили следующие **способы очистки сжатого воздуха от загрязнений**: гравитационный, инерционный и фильтрацией.

При гравитационной очистке частички загрязнений осаживаются из проходящего воздуха, при его накоплении в резервуарах, под действием сил тяжести.

Очистка сжатого воздуха с использованием сил инерции производится в специальных центробежных, аэродинамических устройствах и с ударом воздуха о перегородку (рисунок 2.22).

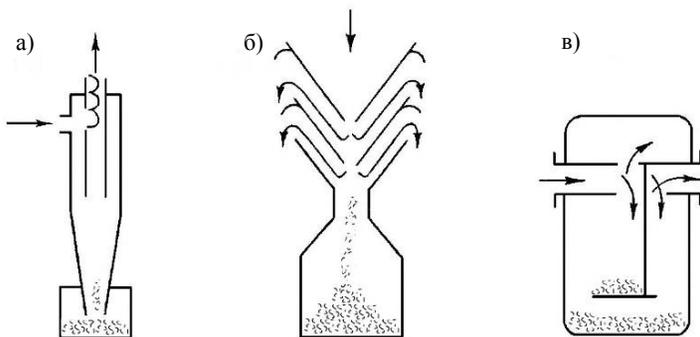


Рисунок 2.22 – Принципиальные схемы инерционных очистителей:
а – центробежный; *б* – аэродинамический; *в* – с ударом о перегородку

В тормозных системах используются инерционные очистители и очистители с фильтрационными вставками. Типовые схемы внутренней структуры инерционных фильтров-пылеловок, применяемых на железных дорогах Западной Европы, представлены на рисунке 2.23.

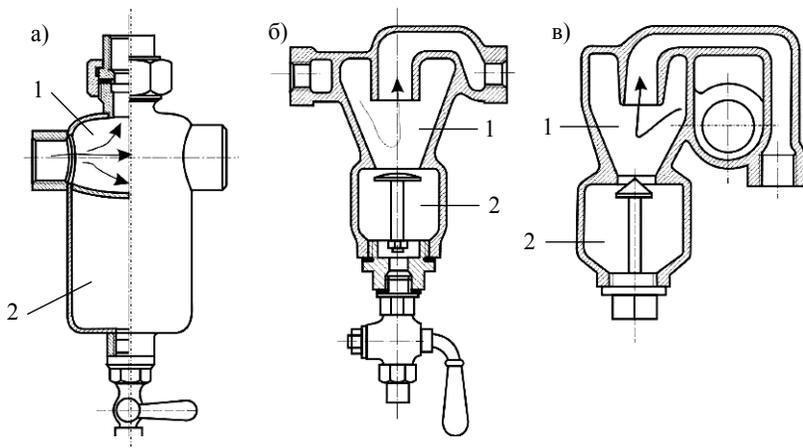


Рисунок 2.23 – Инерционные фильтры сжатого воздуха, применяемые на подвижном составе Западной Европы:
а – тип HSW1; *б* – тип HSW6; *в* – тип HSP2; 1 – камера завихрения; 2 – камера сбора осаживаемых загрязнений

Фильтры спроектированы таким образом, чтобы камера осаждения загрязнений находилась на пути протекания основного потока сжатого воздуха. Она находится в нижней части фильтра и имеет пробку или клапан для удаления конденсата и различных загрязнений.

В транспортных (локомотивных) КУ отечественных железных дорог для очистки сжатого воздуха устанавливаются фильтры и маслоотделители различных типов.

На всасывающих трубах компрессоров устанавливают фильтры УФ-2 (рисунок 2.24) (на тепловозах и электровозах) и аналогичные 1-ФК (на мотор-вагонном подвижном составе). На напорных трубах КУ устанавливают маслоотделители Э-120 или сборники-маслоотделители № 116 (рисунок 2.25).

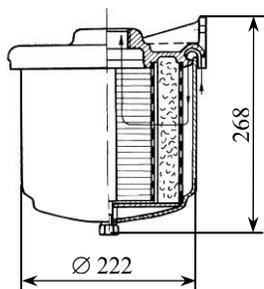


Рисунок 2.24 – Фильтр всасывающий типа УФ-2

Для очистки воздуха, поступающего из ГР в питательную магистраль, применяют фильтры № 360. Перечисленные фильтры и маслоотделители способны очищать воздух от масел, твердых загрязнений и сконденсировавшейся влаги.

Для грубой очистки воздуха, поступающего к тормозным приборам, на воздухопроводах (тормозной магистрали) вагонов и локомотивов устанавливают кронштейны-пылеловки № 573 (рисунок 2.26) или № 573П, который имеет диаметр подводящего трубопровода к воздухораспределителю 1".

Тонкую очистку воздуха от твердых загрязнений осуществляют с помощью фильтров в форме колпачков из металлической сетки и слоя тонкого фетра или войлока (рисунок 2.27).

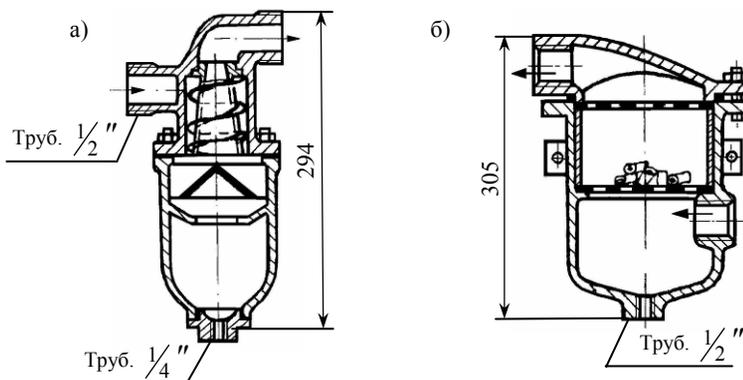


Рисунок 2.25 – Маслоотделители:
а – № 116; б – Э-120

Фильтры для очистки сжатого воздуха от различных загрязнений, применяемые на западноевропейских железных дорогах, представлены на рисунке 2.28.

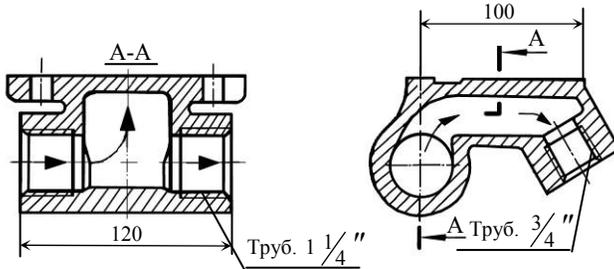


Рисунок 2.26 – Кронштейн-пылеловка № 573

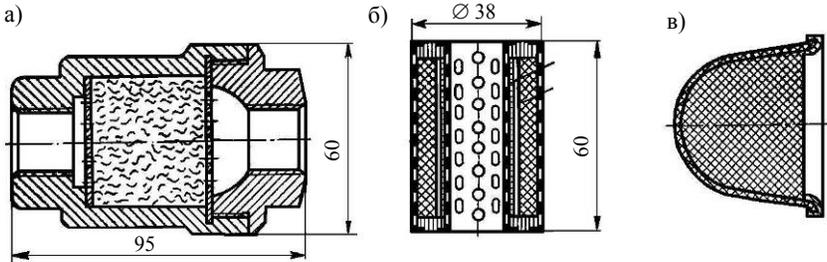


Рисунок 2.27 – Фильтры тонкой очистки:
а – № Э-114; б – № 145-2; в – сетчатый колпачок

Фильтрующие вставки, выполненные из металлических волокон, провололочной плетенки или волосяной набивки, создают пористую преграду, способную задерживать мелкие частички загрязнений. Независимо от фильтрующей вставки фильтры имеют также камеру сбора загрязнений, как и пылеловки. Корпус фильтра отливается из чугуна или алюминиевых сплавов.

2.7 Плотность тормозной магистрали поезда

Соединение тормозных магистралей вагонов осуществляется с помощью междувагонных соединительных рукавов со специальными головками, обеспечивающими гибкое разъемное соединение. Рукава имеют внутренний, промежуточный и наружный резиновые слои, а также две оплетки из хлопчатобумажных нитей.

Магистральная труба – стальная бесшовная для повышения надежности и обеспечения работы без утечек сжатого воздуха. Поскольку в системе имеются

соединения с магистралью, то в местах соединений возможны утечки, которые регламентированы.

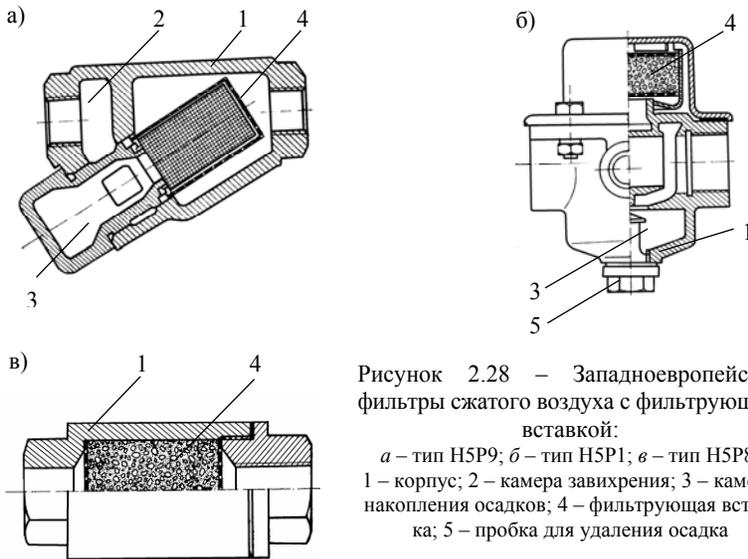


Рисунок 2.28 – Западноевропейские фильтры сжатого воздуха с фильтрующей вставкой:

а – тип H5P9; *б* – тип H5P1; *в* – тип H5P8;
1 – корпус; 2 – камера завихрения; 3 – камера накопления осадков; 4 – фильтрующая вставка; 5 – пробка для удаления осадка

В результате исследований, подтвержденных многолетней практикой, установлена оптимальная норма утечек из тормозной магистрали поезда – 0,02 МПа/мин. При больших утечках ухудшается управляемость тормозами и значительно увеличивается расход сжатого воздуха, возрастает перепад давлений между головной и хвостовой частями поезда. Достижение более высокой плотности тормозной магистрали (для снижения утечек ниже 0,02 МПа/мин) требует увеличения капитальных затрат на разработку и внедрение более плотной тормозной магистрали и эксплуатационных затрат на подготовку тормозов в поездах.

Основная причина увеличенных утечек из тормозной сети грузовых поездов – расстройство соединений рукавов и концевых кранов. При расформировании составов на сортировочных горках в некоторых случаях не разъединяются предварительно рукава, поэтому они должны саморасцепляться под действием растягивающих сил при расцеплении вагонов. При этом головки концевых кранов ударяются о стрелочные переводы, их геометрия может нарушаться, что вызывает возрастание усилия расцепления до 20–30 кН.

В настоящее время концевые краны повернуты на угол 60°. Благодаря этому поднят уровень головок над стрелочными переводами, исключается их

ударное взаимодействие. Кроме того, применяются головки с улучшенным очертанием сопрягаемого профиля, гарантирующим их расцепление продольным усилием 5–7 кН.

Введены более надежные и прочные соединительные рукава с внутренним диаметром 35 мм (вместо 32 мм), имеющие меньшие напряжения при насадке на арматуру. На грузовых вагонах используется магистральный трубопровод с минимальным количеством резьбовых соединений. Магистральный трубопровод – диаметром 1¼", а присоединительная резьба по наружному контуру – 1½".

Получили распространение безрезьбовые соединения тормозной арматуры (рисунок 2.29).

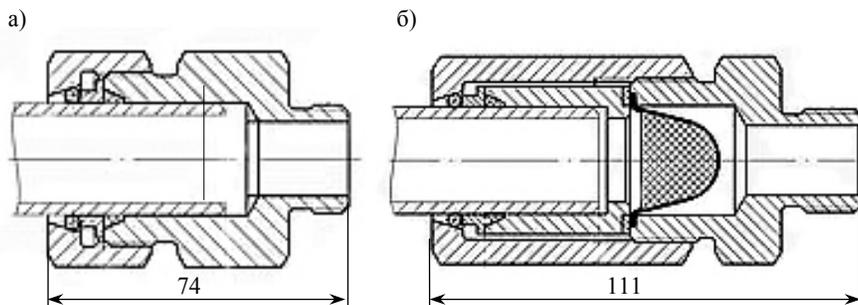


Рисунок 2.29 – Ниппель (а) и штуцер (б) для безрезьбового соединения труб

Действующие нормы плотности научно обоснованы и соответствуют международным требованиям к тормозам подвижного состава.

Плотность питательной сети локомотива измеряется при автоматически отключенном компрессоре и перекрытом кране двойной тяги, отключающем тормозную систему локомотива от поездной магистрали. Замеряется время снижения давления в главных резервуарах с 0,8 до 0,75 МПа. Это время зависит от общего объема главных резервуаров. Например, при $V_{гр} = 1200 \text{ л} = 1,2 \text{ м}^3$ допустимое время падения давления в них не должно быть меньше 8 мин. Оно может быть определено при других главных резервуарах по формуле $t = 400V$, с, где V – объем главных резервуаров в м^3 .

При проверке плотности тормозной сети локомотива падение давления в тормозной магистрали должно быть не более 0,02 МПа за 1 мин.

В пассажирских поездах плотность тормозной сети проверяют, отключив магистраль поезда от питательной системы краном машиниста, по снижению давления на манометре, подключенном к тормозной магистрали.

Плотность тормозной магистрали грузового поезда проверяют по снижению давления в главных резервуарах локомотива, которое происходит из-за расхода воздуха на восполнение утечек в тормозной системе при поездном положении ручки крана машиниста.

Разница в проверке плотности тормозных систем грузового и пассажирского поездов объясняется различием в принципе действия воздухораспределителей грузового и пассажирского типов.

При грузовых воздухораспределителях МТЗ-135, 270-002, 270-005 и принятых им на замену № 483 запасные резервуары объемом по 78 л отключаются от тормозной магистрали вагонов обратными клапанами, поэтому даже при нормальной плотности магистрали поезда давление в ней снижается быстрым темпом, вызывающим срабатывание тормозов. Поэтому в грузовом поезде проверку производят, замеряя время падения давления в ГР на 0,05 МПа после отключения компрессоров регулятором давления. Как известно, отключение производится после достижения в ГР максимальной величины 0,9 МПа на локомотивах с электроприводом компрессора и 0,85 МПа – на тепловозах, имеющих привод компрессора от главного вала дизеля.

Поскольку от компрессора поступает сжатый воздух несколько повышенной температуры, то предварительно ожидают снижения давления в ГР от максимального на 0,04-0,05 МПа за счет охлаждения воздуха. Время дальнейшего снижения давления на 0,05 МПа зависит от длины и плотности тормозной магистрали, а также от объема главных резервуаров и плотности питательной сети локомотива.

Установить нормы времени для проверки плотности тормозной сети грузового поезда можно, оценивая энергетические потери в тормозной системе, вызываемые расходом сжатого воздуха через имеющиеся неплотности, при установленной норме утечек.

Учитывая, что утечки сжатого воздуха по длине магистрали происходят через множество неплотностей, следовательно, расход воздуха через каждую неплотность невелик, можно принять процесс истечения из магистрали в атмосферу изотермическим, то есть $pV = \text{const}$. Произведение pV представляет собой количество энергии, которой обладает воздух, сжатый до давления p и заключенный в объем V .

При проверке плотности тормозной сети поезда давление в главных резервуарах локомотива, имеющих объем $V_{\text{ГР}}$, снижается на величину $\Delta p_{\text{ГР}} = 0,05$ МПа за искомое время t секунд.

Расход воздуха из главных резервуаров на восполнение утечек эквивалентен затратам энергии:

$$W_{\text{гр}} = \Delta p_{\text{гр}} V_{\text{гр}} \cdot \quad (2.6)$$

Полная мощность энергетических потерь, вызванная расходом воздуха,

$$N_y = \frac{W_{\text{гр}}}{t} = \frac{\Delta p_{\text{гр}} V_{\text{гр}}}{t}, \quad (2.7)$$

где t – искомый норматив плотности (время снижения давления в главных резервуарах на 0,05 МПа).

Эта мощность затрачивается на восполнение утечек из тормозной системы поезда, в том числе и утечек из питательной сети локомотива. Действующими Инструкциями по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог плотность питательной сети регламентирована: допускается снижение давления в главных резервуарах одиночного локомотива не более чем на 0,02 МПа за 3 мин.

Допускаемая мощность потерь, вызываемая утечками из питательной сети,

$$N_{\text{упс}} = \frac{\Delta p_{\text{пс}} V_{\text{гр}}}{t_{\text{пс}}}, \quad (2.8)$$

где $\Delta p_{\text{пс}}$ – величина снижения давления в главных резервуарах, $\Delta p_{\text{пс}} = 0,02$ МПа;

$t_{\text{пс}}$ – время, за которое допускается снижение давления, $t_{\text{пс}} = 3$ мин.

Нормативы плотности тормозной магистрали грузовых поездов соответствуют снижению давления на 0,02 МПа за 1 мин в тормозной сети 4-осного вагона, имеющей объем примерно 100 л (78 л – запасный резервуар и 20–24 л – воздухопровод и камеры воздухораспределителя). *Допускаемая мощность потерь на утечки из тормозной сети одного вагона*

$$N_{\text{ув}} = \frac{\Delta p_{\text{тм}} V_{\text{в}}}{t_{\text{тм}}}, \quad (2.9)$$

где $\Delta p_{\text{тм}}$ – допускаемая величина снижения давления в поезде, $\Delta p_{\text{пс}} = 0,02$ МПа;

$V_{\text{в}}$ – объем тормозной сети вагона, $V_{\text{в}} = 0,1$ м³ (100 л);

$t_{\text{тм}}$ – время, за которое допускается снижение давления, $t_{\text{тм}} = 1$ мин.

Допускаемая мощность потерь, приходящаяся на 1 ось,

$$N_{yo} = \frac{\Delta p_{TM} V_B}{4t_M}. \quad (2.10)$$

При длине поезда n_o осей *мощность потерь из-за утечек в тормозной сети* (с учетом утечек из питательной сети)

$$N_y = N_{yпс} + n_o N_{yo}. \quad (2.11)$$

Приравнивая N_y из формул (2.11) и (2.7) и подставляя значения $N_{yпс}$ и N_{yo} из формул (2.8) и (2.10), получим

$$\frac{\Delta p_{Гр} V_{Гр}}{t} = \frac{\Delta p_{пс} V_{Гр}}{t_{пс}} + n_o \frac{\Delta p_{TM} V_B}{4t_M}. \quad (2.12)$$

Подставив в уравнение (2.12) нормативные значения $\Delta p_{Гр}$, $\Delta p_{пс}$, Δp_{TM} , $t_{пс}$, t_{TM} и объем тормозной сети 4-осного грузового вагона в соответствующих единицах измерения и произведя преобразования, получим формулу для подсчета *наименьшего допустимого времени снижения давления* в главных резервуарах локомотива при проверке плотности тормозной сети грузового поезда:

$$t = \frac{450V_{Гр}}{V_{Гр} + 75n_o}, \quad (2.13)$$

где t – искомое время, с;

$V_{Гр}$ – объем главных резервуаров, л;

n_o – число осей в поезде.

На графике (рисунок 2.30) приведены нормативы плотности, рассчитанные по формуле (2.13) (кривая) и установленные Инструкцией по эксплуатации тормозов подвижного состава (ломаная линия), для поездов различной длины с локомотивами, имеющими $V_{Гр} = 1440$ л.

На рисунке 2.31 указаны графики расчетного времени снижения давления на 0,05 МПа в главных резервуарах различного объема.

Рисунок 2.30 – Зависимость времени снижения давления в ГР локомотива на 0,05 МПа от длины поезда при $V_{гр} = 1440$ л:

1 – по Правилам СТП 09150 и Инструкции ЦТ-ЦВ-ЦЛ-НИИЖТ/277;
2 – расчетная по формуле (2.13) для различной длины поезда

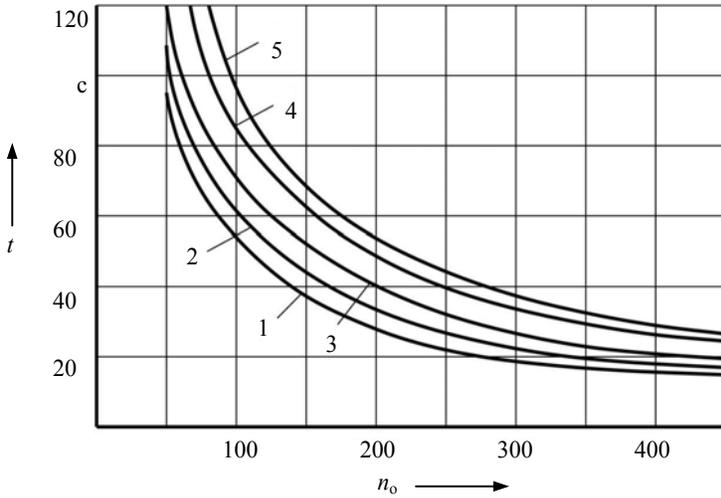
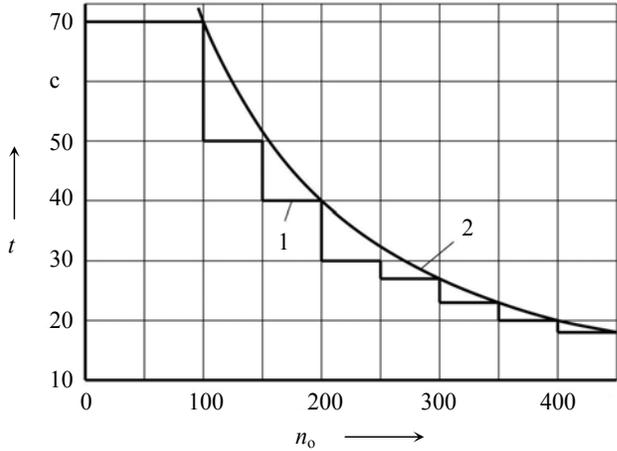


Рисунок 2.31 – Расчетное время снижения давления в ГР локомотива на 0,05 МПа при проверке плотности тормозной сети грузового поезда в зависимости от длины поезда (числа осей):

1 – при $V_{гр} = 1000$ л; 2 – 1200 л; 3 – 1440 л; 4 – 1800 л; 5 – 2000 л

2.8 Техническое обслуживание и ремонт компрессорных установок локомотивов

Основные правила технического обслуживания компрессоров регламентированы Правилами эксплуатации тормозов подвижного состава и Правилами технического обслуживания, ремонта и испытания тормозного оборудования локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава. К их числу относятся требования по контролю за уровнем масла в картерах компрессоров, наличию пломб на предохранительных клапанах, на питание воздухопровода от компрессора к главным резервуарам и от главных резервуаров к крану машиниста. Проверке подлежит величина давления в системе смазки компрессора и уровень смазки в картерах.

Работа компрессоров оценивается по показаниям манометра, подключенного к главным резервуарам, при автоматическом возобновлении работы компрессора и отключении его регулятором давления. Разница пределов давлений на тепловозах с приводом компрессора от главного вала дизеля – не менее 0,1 МПа, а на локомотивах, где компрессор имеет привод от электродвигателя, – не менее 0,15 МПа.

Производительность компрессора проверяется при выпуске локомотива из депо после технического обслуживания и ремонта (кроме ТО-1) по времени наполнения главных резервуаров с 0,7 до 0,8 МПа.

При приемке локомотива выполняется ТО-1; принимающая бригада обязана выпустить конденсат из главных и вспомогательных резервуаров, а также из масловодоотделителей и холодильников.

Для компрессоров тепловозов, обогреваемых теплом дизеля, применяется компрессорное масло К19, КС19 или КЗ-20 зимой и летом, а для электровозных компрессоров зимой используют масло К12, имеющее меньшую плотность и не загустевающее при низких температурах.

Расход масла в работающем компрессоре ориентировочно оценивается нормой 0,003 г/мин на 1 м² смазываемой поверхности. Общие затраты можно оценить, воспользовавшись формулой

$$g = 0,18\pi D h n i , \quad (2.14)$$

где g – расход масла на 1 компрессор за 1 час, г;

D – диаметр цилиндра, м;

h – ход поршня, м;

n – частота вращения коленчатого вала, 1/мин;

i – количество цилиндров.

Техническое обслуживание при ТО-1 выполняется локомотивной бригадой при прицепке локомотива к поезду, а также в процессе эксплуатационной поездки; ТО-2 выполняется слесарями с участием локомотивной бригады; ТО-3 – специализированными ремонтными бригадами, в том числе выполняется ремонт по записям машинистов в журнале технического обслуживания (форма ТУ-152).

Обязательно проверяется уровень масла в компрессорах, пределы давлений в главных резервуарах при автоматическом отключении и включении компрессоров, состояние крепления компрессоров и муфты привода, производительность компрессоров. Нормативная работа компрессора обеспечивается при отсутствии течи масла через уплотнения, перегрева подшипников и стука при работе.

На каждом втором ТО-3, а на маневровых локомотивах – при каждом ТО-3, снимается проба компрессорного масла и проверяется наличие механических примесей. Если их окажется более 0,08 %, масло сливается и заменяется свежим после установления и устранения причины повышенного загрязнения. При замене масла картер должен быть промыт керосином, осматривается и очищается масляный фильтр, проверяется узел шатунной группы.

Разгрузочные устройства ЗРД на тепловозах должны быть отрегулированы таким образом, чтобы при снижении давления в главных резервуарах включались оба компрессора, а при повышении давления до максимального – оба выключались.

Всего для компрессорного оборудования предусмотрено три текущих (ТР-1, ТР-2 и ТР-3), средний и капитальный ремонты.

При текущих ремонтах ТР-1 и ТР-2 на тепловозах и дизель-поездах заменяют масло в картере компрессора, а на электровозах и электропоездах отбирают пробу масла для анализа в лаборатории; при хорошем состоянии масла его доливают в картер до требуемого уровня. При смене масла картер промывают керосином, осматривают масляный фильтр и очищают его сетку и корпус от загрязнений, осматривают и очищают узел шатунов. Во всех случаях осмотру и проверке подвергают воздушные фильтры, сапун, обратный клапан, ремень привода вентилятора. Проверяют состояние и крепление масляного насоса и маслопровода, холодильника и корпуса компрессора, а также крепление дополнительных балансиров. Если обнаружено ослабление балансиров, то компрессор КТ снимают с локомотива, разбирают и подтягивают винты крепления балансиров.

Предохранительные клапаны проверяют и регулируют на давление на 0,1 МПа выше предела давления в главных резервуарах. На холодильнике компрессора предохранительный клапан регулируется на давление $0,45 \pm 0,01$ МПа. Проверяют состояние клапанов и разгрузочного устройства.

При обнаружении неисправностей клапаны разбирают, проверяют состояние деталей и очищают их от нагара, неисправные детали заменяют. При сборке контролируют подвижность деталей разгрузочного устройства.

У компрессоров Э400, Э500 клапанную коробку разбирают через один текущий ремонт ТР-1; в эти же сроки проверяют состояние коленчатого вала и зубчатой передачи компрессора на электропоездах, а на электровозах такую проверку делают при каждом ТР-1.

Ремонт компрессоров со снятием с локомотива производится при капитальном КР, среднем СР и текущих ТР-2 и ТР-3 ремонтах. Регуляторы давления ЗРД, АК-11Б и ДЕМ, а также регуляторы ТСП-11 (ТСП-2В) производства заводов Чешской Республики снимаются и подаются в ремонтные отделения депо и заводов при всех видах ремонта.

После снятия компрессора с локомотива или мотор-вагонного подвижного состава производится его очистка, разборка и промывка деталей керосином. Затем выполняют обмер и осмотр деталей; неисправные – заменяются, а вышедшие за пределы допусков – ремонтируются. Особое внимание уделяется деталям поршневой группы, которые работают под давлением и при достаточно высоких температурах. В частности, трещины в блоке цилиндров компрессоров серии ЭК7 не допускаются и не устраняются. Блоки с такими неисправностями подлежат замене. Цилиндры компрессоров серии КТ, ПК заменяются при наличии трещин, изломанных охлаждающих ребер более 15 % общего количества и достижении предельного износа внутреннего диаметра. Поршни, имеющие трещины, отколы, наволакивание металла или выработку ручьев по ширине более 1 мм, заменяются новыми.

При капитальных ремонтах поршневые кольца заменяют новыми, а при текущих – заменяют при наличии трещин, отколов и зазора в замках более допускаемого.

Коленчатые валы компрессоров при демонтаже проверяют с помощью дефектоскопа и при выявлении любых трещин заменяют. Шатунные шейки валов при уменьшении диаметра, наличия на них выработок, рисок, а также с овальностью и конусностью более 0,06 мм должны быть обточены и отшлифованы под следующий ремонтный размер.

Баббитовые вкладыши при наличии отколов и других дефектов заменяются новыми, изготовленными по градационным размерам.

Особое внимание уделяется клапанной коробке и ее деталям. В частности, корпуса клапанных коробок при среднем и капитальном ремонтах подвергаются гидравлическому испытанию давлением масла 1,5 МПа в течение 5 мин. При этом течь и потение поверхности корпуса коробки не допускаются, и в этом случае корпус должен быть заменен.

После ремонта компрессоры подвергаются испытаниям, в которые входят следующие операции: обкатка без клапанных коробок, холодильника и вентилятора; испытание на нагрев; испытание при противодавлении 1,0 МПа; проверка плотности и производительности.

После остановки и остывания компрессора производят осмотр и устранение обнаруженных дефектов.

Регуляторы давления настраиваются на локомотиве или мотор-вагонном подвижном составе на включение и выключение компрессоров при соответствующих давлениях в главных резервуарах.

3 УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ

3.1 Общие сведения и технические требования

К устройствам, предназначенным для создания в тормозной системе поезда пневматических или электрических сигналов управления, относятся краны машиниста, контроллеры. Поворот рукоятки или нажатие кнопки являются основным условием для передачи сигнала в тормозную систему.

В 20–60-х годах XX столетия в СССР на всех грузовых локомотивах применялись краны машиниста клапанно-диафрагменной конструкции системы Ф. П. Казанцева. Они обеспечивали автоматические (фиксированные) перекрыши в шести тормозных положениях, с разрядкой тормозной магистрали до 0,47 МПа в положении III ручки (1-е тормозное) и до 0,37 МПа в положении VIII (6-е тормозное), при зарядном давлении 0,53 МПа.

Как известно, термин «перекрыша» означает фиксацию заданной величины давления в тормозной магистрали поезда. Бывают перекрыши с питанием, когда имеющиеся утечки воздуха из тормозной системы восполняются из главных резервуаров, расположенных на локомотиве, и перекрыши без питания, когда краном машиниста тормозная магистраль отсоединена от питательной системы. Допускаемая величина утечек, как правило, регламентируется в Инструкциях по эксплуатации тормозов. Большинство тормозных воздухораспределителей различных типов не срабатывают при медленной разрядке тормозной магистрали в результате утечек, не превышающих нормы. Обычно допускаемый темп разрядки тормозной магистрали, при котором не происходит срабатывание воздухораспределителей на торможение, составляет 0,02 МПа в течение 1 мин или 0,05 МПа за 2,5 мин. Такие утечки допускаются в грузовых и пассажирских поездах.

Недостатками кранов Ф. П. Казанцева являются: отсутствие прямого сообщения тормозной магистрали с главным резервуаром, что затрудняет отпуск тормоза в длинносоставных поездах; невозможность осуществлять экстренное торможение путем быстрой и глубокой разрядки тормозной магистрали.

Эти краны машиниста выпускались с 1926 по 1961 гг. Позднее им были присвоены заводские номера 183, 184, 284. Кран № 284 отличался тем, что у него было 10 фиксированных тормозных позиций.

Кран машиниста № 326 выпускается с 1961 г. Это прибор прямодействующего типа, применяется на маневровых и узкоколейных локомотивах, конструктивно отличается от крана Казанцева тем, что вместо главной диа-

фрагмы используется уравнительный поршень. В последнее время он выпускается под номером 326-1.

На пассажирских локомотивах применялись краны машиниста золотниково-поршневой конструкции системы Westinghouse, которые выпускались с 1904 по 1957 г. Позднее они получили название № 334. С 1956 г. эти краны, оборудованные редуктором и контроллером, выпускались под № 334Э и применялись на электро- и дизель-поездах для управления электропневматическими тормозами.

В настоящее время на локомотивах и мотор-вагонном подвижном составе Белорусской железной дороги и других железных дорог бывшего СССР применяются универсальные краны машиниста, которые работают практически на всех видах тягового подвижного состава, а также на электро- и дизель-поездах. Это краны № 394 и 395 различных модификаций золотниково-поршневой конструкции, имеющие по две неавтоматические перекрыши – с питанием и без питания тормозной магистрали. Глубина служебной разрядки тормозной магистрали в процессе торможения зависит от времени выдержки ручки крана в V (тормозном) положении и не зависит от длины поезда. Она определяется объемом уравнительного резервуара и диаметром калиброванного отверстия, служащего для его разрядки. Длина поезда оказывает влияние на время разрядки тормозной магистрали, осуществляемой через кран машиниста.

Краны машиниста с контроллерами, выпускаемые в настоящее время, как правило, предназначены и для управления электропневматическими тормозами, они также могут переключать различные электрические цепи в тормозной системе. Краны машиниста с контроллерами можно различить по обозначению, например, № 334Э или кран, имеющий нечетный номер 395.

Кроме поездных кранов машиниста, для торможения только локомотива, независимо от состава поезда, предназначены краны вспомогательного тормоза. Для этой цели в настоящее время применяется кран № 254 с автоматическими перекрышами, выполняющий также задачу повторителя действий поездного крана машиниста при наполнении сжатым воздухом тормозных цилиндров локомотива. Этот кран выпускается с 1957 г. Ранее для этой цели применялись пробковые краны и кран 4ВК с неавтоматическими перекрышами.

В последние годы выпускаются краны с дистанционным управлением, позволяющие управлять тормозами с использованием систем безопасности и автоматического ведения поезда. Управление тормозами может осуществляться не только ручкой крана машиниста, но и по радио или по заданной программе (кран № 130).

В терминологии по кранам употребляются обозначения «прямодействующий» и «непрямодействующий» краны. В частности, прямодействующий

щим считается применяемый до настоящего времени на некоторых электро- и дизель-поездах кран № 334Э, который не производит питания тормозной магистрали в положении перекрыши.

В непрямодействующих тормозах наполнение тормозных цилиндров осуществляется из запасных резервуаров, которые пополняются сжатым воздухом только при отпущенном тормозе.

К приборам управления тормозами – кранам машиниста, применяемым в настоящее время, предъявляются следующие требования, относящиеся не только к конструкции, но и к свойствам системы управления.

1 Универсальность, обеспечивающая возможность применения крана для всех видов подвижного состава (грузовые, пассажирские и мотор-вагонные поезда).

2 Интенсивная подача воздуха в тормозную магистраль при зарядке и отпуске. Объем тормозной сети четырехосного вагона – примерно 100 л.

3 В тормозной магистрали должно поддерживаться установленное давление с точностью до 0,005 МПа при наличии допускаемых утечек в ней. В настоящее время норма утечек составляет до 1–1,5 л/мин на 1 м магистрали.

4 Должно обеспечиваться ступенчатое регулирование тормозной силы при торможении и отпуске.

5 Струйное движение воздуха в тормозной магистрали, вызванное разрядкой через кран машиниста при служебном торможении, должно прекращаться без пневматического удара, вызывающего повышение давления в головной части поезда. Темп разрядки тормозной магистрали – до 0,02–0,025 МПа/с.

6 Для производства экстренного торможения кран должен обеспечивать интенсивную разрядку тормозной магистрали темпом не менее 0,05 МПа/с прямым сообщением с атмосферой.

7 Кран машиниста не должен допускать термодинамического возрастания давления в управляющих резервуарах или предусматривать его компенсацию.

8 Должна быть обеспечена возможность создания сверхзарядного давления в тормозной магистрали с последующим автоматическим переходом на нормальное давление темпом медленной разрядки.

9 Кран должен обеспечивать стандартность действия.

10 Должна обеспечиваться возможность получения фиксированных значений ступенчатого торможения и ступенчатого отпуска путем автоматической разрядки или зарядки тормозной магистрали на определенную величину, то есть получения автоматической перекрыши.

11 Выполнение операций рукояткой крана машиниста не должно занимать более долей секунды.

12 Надежность и конструктивная простота крана машиниста. В частности, это достигается применением клапанно-диафрагменной конструкции.

На железных дорогах Западной Европы применяются краны машиниста клапанно-диафрагменной конструкции, имеющие автоматические перекрыши, то есть фиксированные ступени торможения. Эти краны – Knorr D2, FV4a и применяемые для управления электропневматическими тормозами Knorr St 113 и Oerlikon FVEL – имеют автоматические ступени торможения – первую разрядкой на 0,04 МПа и последующие – дополнительной разрядкой на 0,015 МПа.

Важной особенностью ряда кранов машиниста является наличие фиксированных перекрыш. При постановке ручки крана в одно из тормозных положений происходит разрядка тормозной магистрали на строго определенную величину. Таким образом, машинисту нет необходимости контролировать разрядку уравнительного резервуара УР при ступенях торможения.

Такими свойствами обладают краны вспомогательного тормоза локомотива 254 и 215, а также кран машиниста 326-1.

3.2 Основные свойства кранов машиниста

Универсальный кран машиниста. В настоящее время промышленностью России выпускаются следующие т и п ы к р а н о в, допущенных для оснащения локомотивов:

394М-01 – предназначен для управления тормозами в грузовых поездах;

395М-3-01 – для грузовых поездов, имеет контроллер с одним микропереключателем для управления работой песочницы;

395М-4-01 – предназначен для пассажирских локомотивов всех серий, снабжен двумя микропереключателями для управления электропневматическими тормозами и одним – для подачи песка и отключения тяговых двигателей;

395М-4-2-01 – для пассажирских локомотивов, оснащенных системой САУТ;

395М-5-01 – для управления тормозами электро- и дизель-поездов.

В отличие от крана № 394 кран № 395 имеет контроллер, закрепленный на верхней (золотниковой) части, поэтому несколько изменена его конструкция.

На рисунке 3.1 показана схема подключения кранов № 394 (395), крана № 254 вспомогательного тормоза локомотива и блокировки тормозов № 367М в пневматической системе грузового локомотива.

Питательная 14 и тормозная 13 магистрали подключены к крану машиниста 6 со стабилизатором 7 через блокировку тормоза 1 (подробнее действие блокировки 367М рассмотрено на с. 131). Уравнительный резервуар 4 объемом 20 л подключен к крану машиниста. Давление в уравнительном ре-

зервуаре измеряет манометр 5. Кран № 254 вспомогательного тормоза локомотива, показанный под номером 3, подключен к отводу от питательной магистрали 14 через фильтр 2. Кроме того, от крана 3 идет самостоятельный отвод 12 к воздухораспределителю локомотива. Манометры 8–10 подключены к трубопроводам тормозных цилиндров 15, тормозной 13 и питательной 14 магистралей.

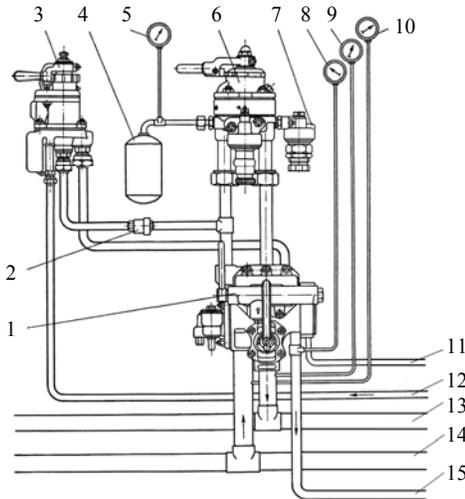


Рисунок 3.1 – Схема расположения крана машиниста № 394, крана № 254 и устройства блокировки тормозов № 367 М в кабине

не входит уравнильный резервуар 4 (см. рисунок 3.1), без которого кран нормально работать не может. Положения ручки крана машиниста показаны на рисунке 3.2, б.

Электрическая цепь управления тяговыми двигателями проводами 11 соединена с блокировкой тормоза 1, которая предназначена для подключения приборов управления тормозами на двухкабинном локомотиве.

Общий вид крана 395М показан на рисунке 3.2, а. Кран состоит из следующих частей: верхней 3 (золотниковой), средней 2 (промежуточной), нижней 1 (уравнильной), редуктора 6 (питательного клапана), стабилизатора 5 (дросселирующего выпускного клапана) и контроллера 4, закрытого крышкой. Контроллер подключается к цепям управления локомотивов с помощью штепсельного разъема 7. Непосредственно в конструкцию крана

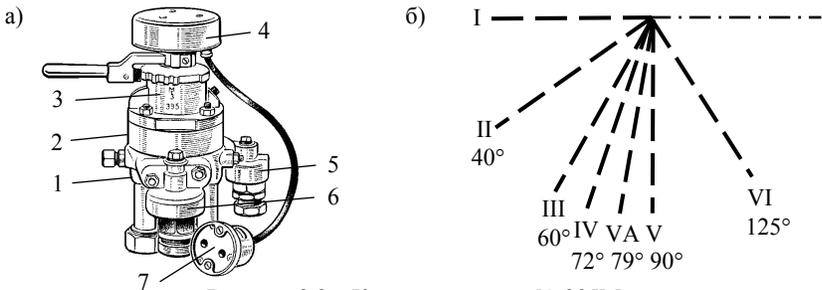


Рисунок 3.2 – Кран машиниста № 395М:
а – общий вид; б – положения ручки крана

Верхняя (золотниковая) часть крана (рисунок 3.3) представляет собой литую чугунную цилиндрическую крышку с фланцем 7, крепящуюся четырьмя болтами к средней части 12. Отверстия для болтов расположены несимметрично, что исключает неправильный монтаж крана. В верхней части расположен золотник 8, связанный стержнем 10 с ручкой 11, закрепленной на стержне колпачковой гайкой. Крышка верхней части выполнена с градационным сектором 23 с углублениями, предназначенными для фиксации рабочих положений ручки 11. В ручке имеется подпружиненный кулачок 22, фиксирующий положения ручки на градационном секторе.

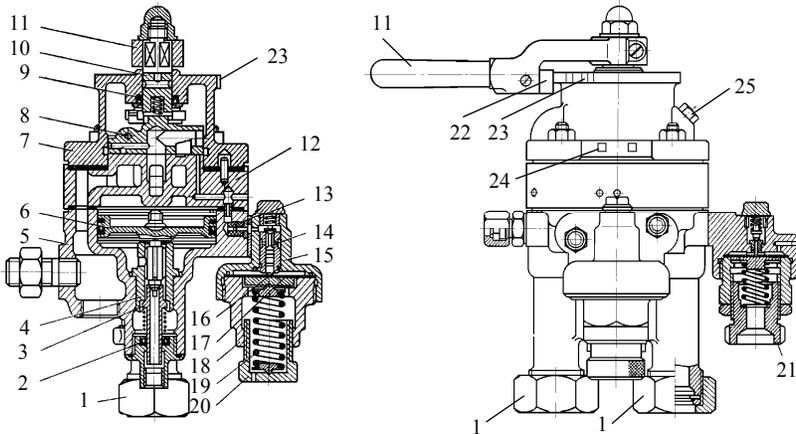


Рисунок 3.3 – Кран машиниста № 394

На боковой поверхности фланца 7 выбиваются номер крана и клейма приемки 24.

Стержень 10 уплотнен манжетой 9, препятствующей вытеканию воздуха из полости внутри верхней части, в которой при работе поддерживается давление сжатого воздуха, поступающего к крану из главных резервуаров по питательной магистрали.

Золотник 8 прижимается к зеркалу золотника на средней части крана пружиной. Кроме того, в рабочем состоянии на него сверху действует давление сжатого воздуха внутри верхней части. Смазывание золотника производится через отверстие в крышке, закрытое пробкой 25.

Градационный сектор имеет выемки, соответствующие фиксированным положениям ручки (см. рисунок 3.2, б): I – отпускное; II – поездное; III – перекрыша без питания; IV – перекрыша с питанием; VA (VЭ) – замедленная разрядка тормозной магистрали или торможение электропневматическим

тормозом без разрядки тормозной магистрали; V – служебное торможение; VI – экстренное торможение.

Средняя (промежуточная) часть представляет собой чугунную цилиндрическую отливку – корпус 12. В верхней ее части расположено зеркало золотника. Отлитый из мягкой латуни золотник 8 и зеркало золотника тщательно притерты между собой так, чтобы воздух между сопрягаемыми поверхностями не проходил. Кроме того, между верхней и промежуточной частями крана имеется резиновая прокладка. Для правильной сборки между ними установлен специальный штифт.

Нижняя (уравнительная) часть собрана в корпусе 5 с двумя патрубками 1 диаметром 1", которыми кран подключается к трубопроводам, ведущим к тормозной и питательной магистралям. Внутри корпуса 5 образована камера, в которой размещается уравнительный поршень 6, уплотненный латунным кольцом и резиновой манжетой. Уплотнительное кольцо обеспечивает плотность поршня в обоих направлениях «верх–низ» и, кроме того, гарантирует постоянство силы трения при перемещении поршня в отличие от резиновой манжеты. Хвостовик поршня представляет собой клапан 26 (рисунок 3.4), закрывающий атмосферное отверстие в полом штоке. Питательный клапан 3 пружиной прижимается к седлу втулки 4, запрессованной в корпусе. Хвостовик питательного клапана уплотнен манжетой 2 в цоколе, ввернутом в корпус.

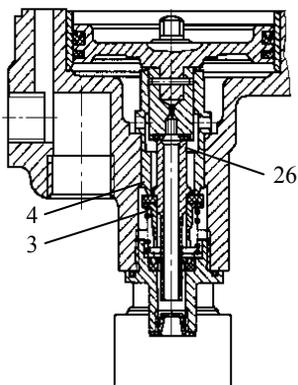


Рисунок 3.4 – Уравнительная часть крана № 394М-01

Фильтр 13 предохраняет возбуждающий клапан 14 редуктора от попадания загрязнений (см. рисунок 3.3).

В последних конструкциях кранов № 394 (395) атмосферный клапан 26 и питательный клапан 3 выполнены в виде резиновых колец (см. рисунок 3.4). Это обеспечивает уплотнение без притирки латунных клапанов. Однако иногда проявляется свойство прогиба резинового уплотнения, что в некоторой степени нарушает характеристики крана по наполнению и опоражнению тормозной магистрали.

Редуктор (см. рисунок 3.3) управляет подачей воздуха в уравнительный резервуар из главного резервуара. Он состоит из верхней 15 и нижней 18 частей, между которыми зажата металлическая диафрагма 17 диаметром 78 мм. Диафрагма поджимается снизу пружиной 19, усилие сжатия которой может быть отрегулировано стаканом 20, ввернутым в нижнюю часть 18 редуктора.

Редуктор (см. рисунок 3.3) управляет подачей воздуха в уравнительный резервуар из главного резервуара. Он состоит из верхней 15 и нижней 18 частей, между которыми зажата металлическая диафрагма 17 диаметром 78 мм. Диафрагма поджимается снизу пружиной 19, усилие сжатия которой может быть отрегулировано стаканом 20, ввернутым в нижнюю часть 18 редуктора.

В верхнюю часть 15 корпуса запрессована втулка 16, являющаяся седлом цилиндрического клапана 14. На клапан сверху действует пружина, а нижним концом он упирается в диафрагму 17. Полость снизу диафрагмы сообщается с атмосферой, а полость сверху может сообщаться с уравнительным резервуаром через каналы в зеркале золотника и в золотнике.

Редуктор приспособлен для питания уравнительного резервуара. При нормальной плотности всех элементов он не может выпускать из него сжатый воздух. Назначение редуктора – понизить давление сжатого воздуха, подводимого из главного резервуара, в поездном положении до зарядного давления в уравнительном резервуаре.

Стабилизатор медленной разрядки. По конструкции подобен редуктору, однако полость над диафрагмой диаметром 55 мм постоянно, через калиброванное отверстие диаметром 0,45 мм, связана с атмосферой. Величина давления в полости может регулироваться при усилении или ослаблении натяга пружины гайкой 21 (см. рисунок 3.3). Назначение стабилизатора – разрядка уравнительного резервуара постоянным темпом. Таким образом, ликвидируется сверхзарядка и не допускается повышение давления в нем при поездном положении ручки крана машиниста.

Кран машиниста регулирует давление в уравнительном резервуаре в зависимости от затяжки пружины 19, осуществляемой регулировочным стаканом 20, а уравнительный поршень 6, воздействуя на клапаны 3 и 26, устанавливает в тормозной магистрали такое же давление, как и в уравнительном резервуаре.

Диаметры диафрагм редуктора и стабилизатора подобраны таким образом, чтобы под действием пружин, действующих снизу через опорные шайбы, обеспечивалась необходимая величина давления сжатого воздуха, поступающего в уравнительный резервуар, и регулировалось время ликвидации повышенного давления в уравнительном резервуаре. Воздух из стабилизатора постоянно выходит в атмосферу при I и II положениях ручки крана машиниста. Рассмотрим работу крана в различных положениях.

П о л о ж е н и е I. Зарядка и отпуск (рисунок 3.5). Положение характерно тем, что имеется прямой канал для сообщения питательной магистрали А с тормозной М через выемку 3 в золотнике 4. Кроме того, из питательной магистрали воздух поступает в полость 1 над золотником 4 и оттуда через канал 2 – в цилиндрическую полость над уравнительным поршнем 5. Поршень опускается вниз и открывает питательный клапан 6, к которому также подходит воздух из питательной магистрали по каналу А₁. Этим путем сжатый воздух попадает под уравнительный поршень и оттуда – в тормозную магистраль М, объем которой зависит от количества вагонов в поезде. Таким образом, в положении I тормозная магистраль поезда заряжается двумя путями.

Кроме того, из полости над поршнем 5 через калиброванное отверстие Г диаметром 1,6 мм воздух начинает поступать в уравнительный резервуар УР, объем которого составляет 20 л. Одновременно из полости над поршнем воздух проходит по каналу С и медленно вытекает в атмосферу через отверстие диаметром 0,45 мм в стабилизаторе медленной разрядки, поскольку клапан стабилизатора постоянно открыт диафрагмой, находящейся под действием пружины.

Следует отметить, что тормозная магистраль широким каналом в золотнике соединена с питательной магистралью. Таким образом, если ручка крана какое-то время будет находиться в I положении, можно создать сверхзарядное давление в тормозной магистрали. Благодаря этому значительно ускоряется отпуск тормозов в грузовом поезде. Время выдержки ручки крана машиниста в этом положении контролируется по показаниям манометра уравнительного резервуара, давление в котором несколько выше, чем в тормозной магистрали.

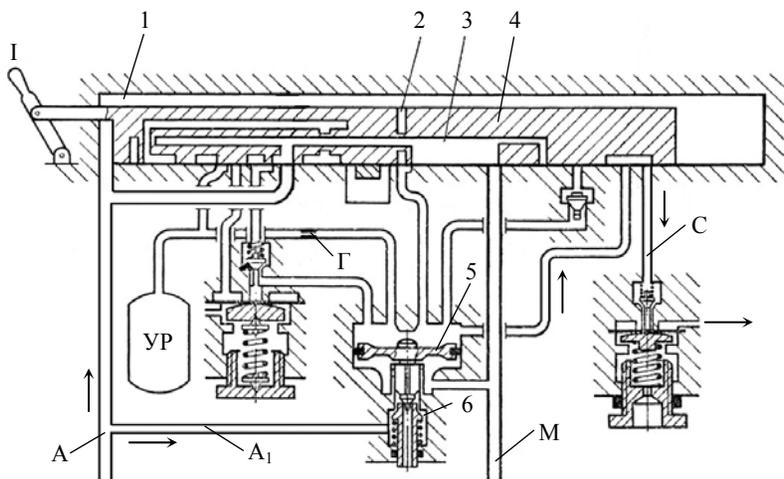


Рисунок 3.5 – I положение (зарядка и отпуск) кранов машиниста № 394, 395

П о л о ж е н и е II. Поездное с автоматической ликвидацией сверхзарядки (рисунок 3.6). В тормозной магистрали поддерживается установленное зарядное давление, величина которого зависит от регулировки пружины 8 редуктора. Это достигается тем, что воздух из питательной магистрали А через выемку 7 в золотнике сообщается с полостью над клапаном редуктора. При заряженной системе клапан 9 редуктора будет закрыт, но поскольку про-

исходит постоянный выпуск воздуха из полости над уравнильным поршнем 5 через канал С и отверстие C_1 стабилизатора, то одновременно медленно понижается давление в уравнильном резервуаре УР. В результате клапан редуктора откроется под действием пружины 8, усилием которой установлена величина зарядного давления, и воздух из питательной магистрали А через выемку 7 в золотнике и через открытый клапан 9 редуктора будет поступать в полость над уравнильным поршнем 5. Если из-за утечек давление в тормозной магистрали М ниже зарядного (ниже, чем в полости над поршнем 5), то поршень переместится вниз, открывая сообщение питательной магистрали А с тормозной М через клапан 6. Поскольку в поездной тормозной магистрали всегда имеются утечки сжатого воздуха, то подпитка ее будет осуществляться постоянно благодаря работающей системе – уравнильный поршень, уравнильный резервуар, редуктор и стабилизатор. Назначение стабилизатора – приводить в действие систему питания крана машиниста, медленно ликвидируя сверхзарядку.

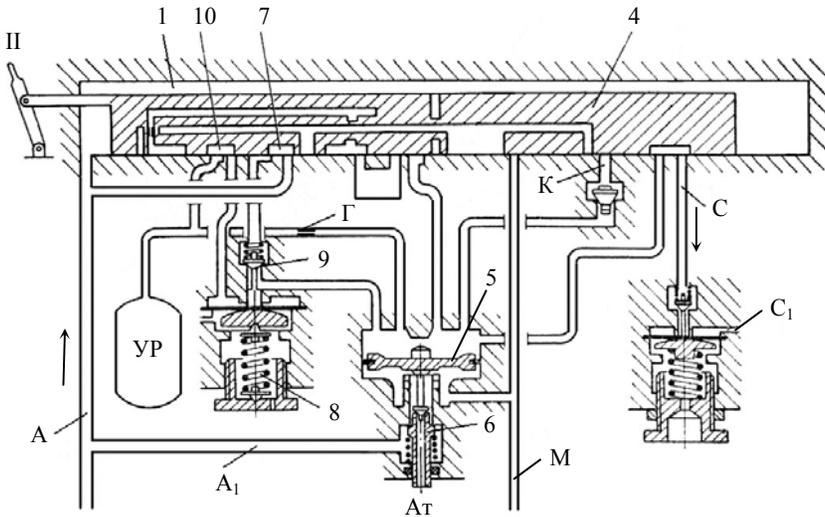


Рисунок 3.6 – II положение (поездное) кранов машиниста № 394, 395

Таким образом, можно сформулировать основные действия крана машиниста во втором положении ручки.

1 *Автоматическое поддержание в магистрали установленного давления.* Поскольку уравнильный резервуар УР постоянно сообщен с полостью над уравнильным поршнем 5 каналом с калиброванным отверстием Г

диаметром 1,6 мм, то при снижении давления в тормозной магистрали М ниже давления, установленного в резервуаре УР, поршень 5 опустится и через впускной клапан 6 соединит питательную магистраль А через канал А₁ с тормозной магистралью М.

Диаметр отверстия Г подобран таким образом, чтобы после ступени торможения подзарядка УР происходила несколько быстрее подзарядки воздухораспределителей в головной части поезда, благодаря чему отпуск тормозов можно контролировать по манометру, подключенному к уравнительному резервуару УР.

Давление в УР поддерживается автоматически с помощью редуктора в зависимости от регулировки пружины 8. Чувствительность редуктора составляет 0,005 МПа (0,05 кгс/см²). Если давление опускается ниже установленного, например, из-за утечек в тормозной магистрали М, то диафрагма под действием пружины 8 прогибается вверх и питательный клапан 9 редуктора сообщает главные резервуары (канал А) и полость над уравнительным поршнем 5. Далее воздух проходит через отверстие Г в уравнительный резервуар УР и в полость над диафрагмой через выемку 10 в золотнике 4.

2 Автоматическая медленная ликвидация сверхзарядки. После отпуска тормозов выдержкой ручки крана машиниста в I положении, при последующем переводе во II положение, обеспечивается автоматический переход с повышенного давления в резервуаре УР и тормозной магистрали М постоянным темпом $\leq 0,05$ МПа/мин, не зависящим от величины сверхзарядки и утечек в магистрали М. Такой переход осуществляется при помощи стабилизатора. Камера над уравнительным поршнем 5 и уравнительный резервуар УР сообщаются со стабилизатором и далее с атмосферой через отверстие С. Истечение через ниппель С₁ диаметром 0,45 мм происходит за 5–10 минут, в зависимости от величины сверхзарядного давления в УР и тормозной магистрали.

Давление в полости над диафрагмой стабилизатора поддерживается постоянным, равным 0,03–0,05 МПа (регулируется пружиной), поэтому темп снижения давления в УР, а значит, и в магистрали М также устанавливается постоянным.

3 Зарядка тормозной магистрали М и отпуск тормозов поездным положением. При нахождении ручки крана машиниста во II положении можно осуществлять зарядку тормозной магистрали и, при необходимости, отпуск тормозов. Зарядка происходит через открытый питательный клапан 6. Отпуск тормозов осуществляется при повышении давления в тормозной магистрали М после торможения. Поскольку наполнение уравнительного резервуара УР через отверстие Г диаметром 1,6 мм происходит медленнее, чем камеры над поршнем 5 через открытый редукторный клапан 9 с отверстием

диаметром 3 мм, то в коротких поездах с небольшим объемом магистрали М ее наполнение происходит с некоторой перезарядкой.

На графике (рисунок 3.7) показано изменение давления в рабочих объемах при нахождении ручки крана машиниста во II положении.

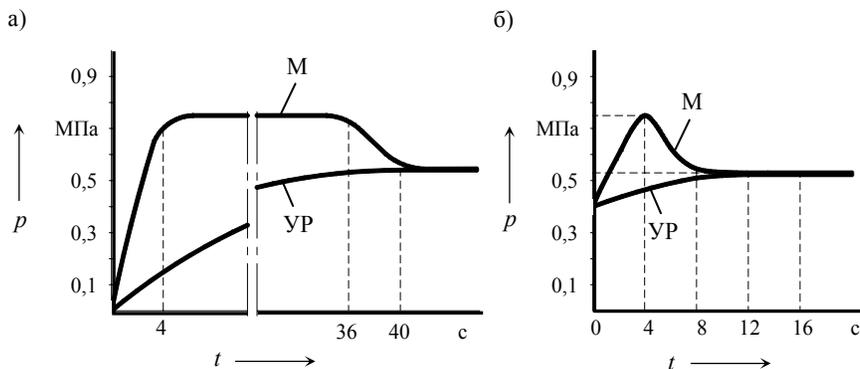


Рисунок 3.7 – Диаграмма повышения давления в тормозной магистрали М и уравнильном резервуаре УР во II положении крана машиниста: а – при зарядке; б – при отпуске тормозов

П о л о ж е н и е III. Перекрыша без питания тормозной магистрали (рисунок 3.8). Уравнильный резервуар УР и полость над уравнильным поршнем 5 через обратный клапан, выемку 10 и канал К сообщаются с тормозной магистралью М, благодаря чему давление в них выравнивается и магистраль М отключается от питательной магистрали (так как поршень неподвижен, то клапан 6 остается закрытым).

Обратный клапан предотвращает перетекание воздуха из магистрали М через канал К в полость над поршнем 5 и далее в резервуар УР.

Таким образом, давление в магистрали М из-за утечек будет понижаться, а кран машиниста не будет реагировать на это снижение, поскольку полость над уравнильным поршнем 5 и уравнильный резервуар УР будут сообщаться с тормозной магистралью М. Может произойти истощение тормозной системы поезда.

Это положение необходимо при воздухораспределителях, которые делают дополнительную разрядку тормозной магистрали при торможении.

П о л о ж е н и е IV. Перекрыша с питанием тормозной магистрали. Все отверстия и выемки на зеркале золотника перекрыты (рисунок 3.9). Уравнильный резервуар УР разобщен с тормозной магистралью (канал М) и главными резервуарами (канал А), поэтому давления в нем и в полости над уравнильным поршнем 5 остаются неизменными.

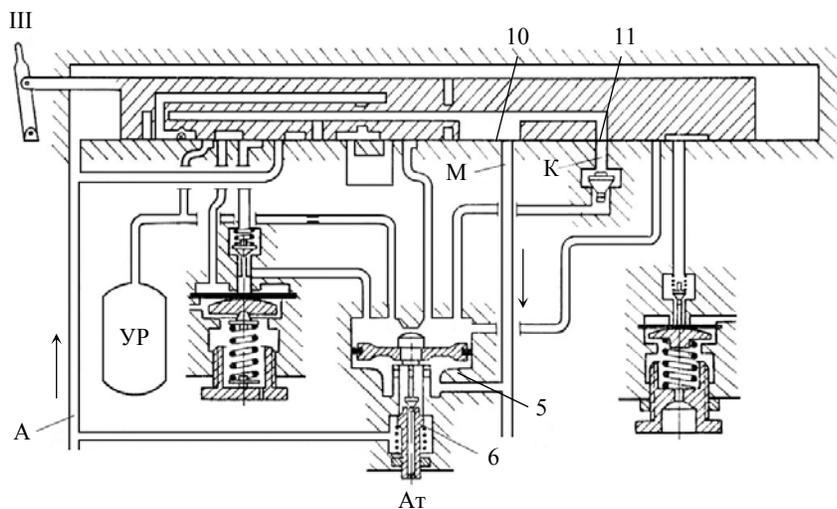


Рисунок 3.8 – III положение (перекрыша без питания ТМ)
кранов машиниста № 394, 395

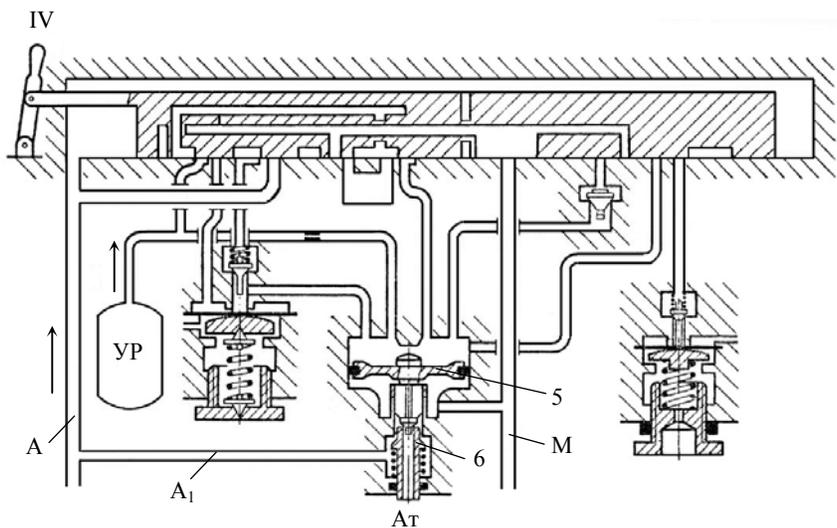


Рисунок 3.9 – IV положение (перекрыша с питанием ТМ)
кранов машиниста № 394, 395

Учитывая, что элементы крана могут оказаться ограниченной плотности, допускается снижение давления в уравнительном резервуаре не более 0,01 МПа за 3 мин; повышение давления не допускается.

При снижении давления в тормозной магистрали из-за утечек поршень 5 опускается, открывая впускной клапан 6, благодаря чему происходит пополнение магистрали М из главных резервуаров по каналам А и А₁.

П о л о ж е н и е V. Служебное торможение (рисунок 3.10). При служебном торможении должна быть обеспечена разрядка тормозной магистрали поезда темпом 0,01–0,04 МПа в секунду на необходимую глубину 0,04–0,06 МПа при первой ступени или на 0,12–0,15 МПа – при полном служебном торможении. Полость над уравнильным поршнем 5, связанная с резервуаром УР через калиброванное отверстие Г, сообщается с атмосферой. Уравнильный резервуар разряжается через отверстие УР₁ диаметром 2,3 мм, затем отверстие 13 в атмосферный канал 12, канал 8 и выемку 7 в атмосферу Ат. Из полости над поршнем 5 воздух проходит через отверстие Г диаметром 1,6 мм. Поэтому темп разрядки резервуара УР и полости над уравнильным поршнем 5, имеющей малый объем, примерно одинаков.

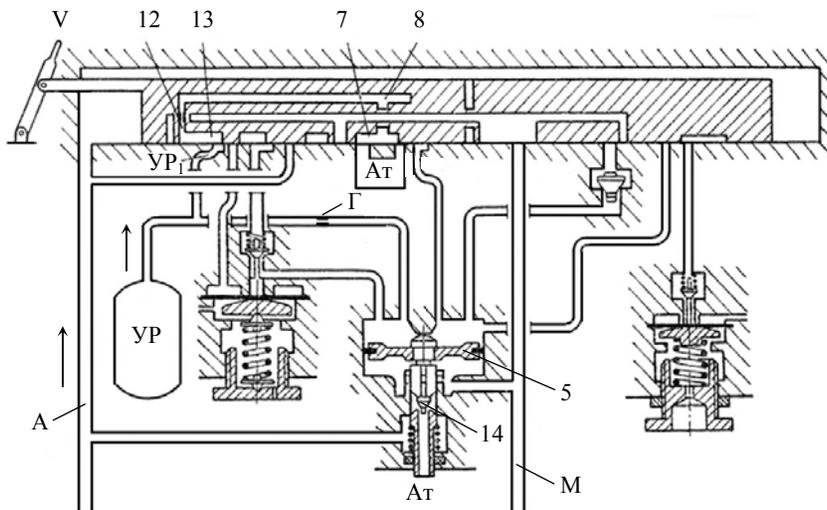


Рисунок 3.10 – V положение (служебное торможение)
кранов машиниста № 394, 395

Под избыточным давлением со стороны тормозной магистрали М поршень поднимается вверх и открывает атмосферный клапан 14. Таким образом, тормозная магистраль М разряжается в атмосферу.

Под избыточным давлением со стороны тормозной магистрали М поршень поднимается вверх и открывает атмосферный клапан 14. Таким образом, тормозная магистраль М разряжается в атмосферу.

При первой ступени торможения через кран машиниста происходит небольшой выпуск воздуха из тормозной магистрали, так как основной его сброс осуществляется воздухораспределителями, производящими дополнительную разрядку.

Поскольку объем резервуара УР по сравнению с тормозной магистралью невелик, то он разряжается быстрее, и после перевода ручки крана в положение IV или III продолжается разрядка магистрали М через атмосферный клапан 14 до выравнивания давлений в магистрали М, резервуаре УР и полости над поршнем 5.

Поэтому в дальнейшем после перевода ручки крана в III или IV положение может произойти некоторое завышение давления в резервуаре УР из-за термодинамических процессов при разрядке его ограниченного объема (охлаждение воздуха и последующий подогрев от окружающей среды). В частности, после снижения давления в уравнительном резервуаре на 0,15 МПа (полное служебное торможение) давление в тормозной магистрали М не должно повышаться более чем на 0,03 МПа в течение 40 секунд. Чтобы ускорить теплообмен в резервуаре УР, в него могут вводить специальные теплопоглощающие наполнители (пористый материал, который увеличивает площадь, обтекаемую сжатым воздухом в резервуаре).

Отпуск тормозов в поезде из-за некоторого завышения давления в резервуаре УР не происходит, так как те же термодинамические процессы идут и в воздухораспределителях.

П о л о ж е н и е V A. Служебное торможение длинносоставного грузового поезда. Это положение применяется в кранах № 394М-01 и 395М-3-01, предназначенных для управления тормозами в грузовых поездах. Ручка крана машиниста останавливается в выемке между IV и V положениями.

Положение VA используется для плавного торможения в поездах массой более 6000 т после снижения давления в уравнительном резервуаре положением V на 0,05–0,06 МПа, которое обеспечивает быстрое и надежное срабатывание тормозов. Благодаря производимой разрядке уравнительного резервуара через отверстие диаметром 0,7 мм после служебной разрядки положением V разрядка с 0,5 до 0,45 МПа осуществляется за 15–20 секунд темпом 0,15 МПа/мин. При такой медленной разрядке охлаждение воздуха в резервуаре УР незначительное, и поэтому после перевода ручки крана машиниста в положение перекрыши с питанием – положение IV– давление в уравнительном резервуаре практически не повышается.

Таким образом, выдержкой в положении VA перед переводом ручки в положение IV устраняется завышение давления в резервуаре УР благодаря истечению воздуха через отверстие диаметром 0,7 мм.

П о л о ж е н и е VI. Экстренное торможение. Тормозная магистраль непосредственно соединяется с атмосферой через отверстия 15, 16 в золотнике (рисунок 3.11). Полость над уравнильным поршнем 5 и уравнильный резервуар также сообщаются с атмосферой через отверстия 13, 15, 17. Давление в полости над поршнем 5 из-за ее малого объема резко понижается, поэтому поршень под давлением из тормозной магистрали поднимается. В результате происходит дополнительное сообщение тормозной магистрали М с атмосферой через клапан 14. Темп разрядки резервуара УР и тормозной магистрали в головной части поезда достигает 0,08–0,1 МПа/с. В результате сопротивления движению воздуха по трубам темп разрядки тормозной магистрали может затухать в хвостовой части длинносоставного грузового поезда.

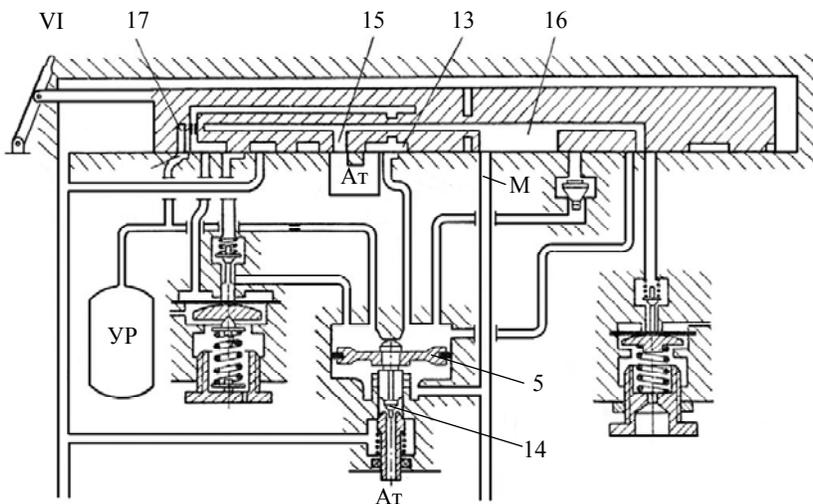


Рисунок 3.11 – VI положение (экстренное торможение)
кранов машиниста № 394, 395

Краны машиниста № 395 различных модификаций отличаются от крана № 394 измененной конструкцией верхней крышки и наличием контроллера, который может использоваться для управления электропневматическими тормозами поезда, а также включать контакторы для подачи песка и

отключения тяговых двигателей. Кран № 395М-3, предназначенный для вождения грузовых поездов, имеет один микропереключатель в контроллере для управления работой песочниц и выключения тяговых двигателей при экстренном торможении VI положением ручки.

У крана № 395М-4, применяемого в пассажирских поездах, два микропереключателя для управления работой электропневматического тормоза и один – для подачи песка и отключения тяговых двигателей в случае экстренного торможения.

У крана № 395М-5, который применяется для электро- и дизель-поездов, в контроллере имеется два микропереключателя для управления работой электропневматических тормозов .

На рисунке 3.12 показаны панели контроллеров кранов машиниста № 395 различных модификаций.

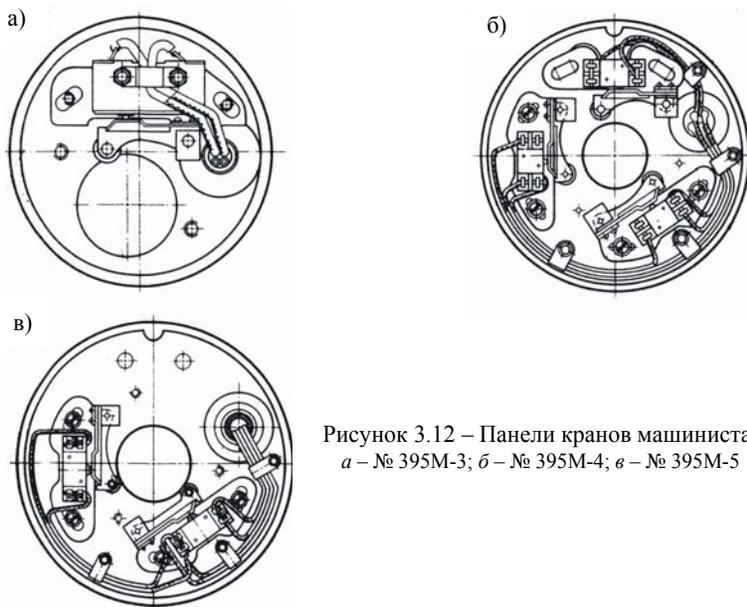


Рисунок 3.12 – Панели кранов машиниста:
а – № 395М-3; б – № 395М-4; в – № 395М-5

Краны № 395 отличаются друг от друга числом микропереключателей и проводов в жгуте, отходящем от контроллера, и типом штепсельного разъема.

Кран № 395М-3 имеет положение VA ручки крана машиниста, а остальные краны этой серии – положение VЭ, которое служит для управления электропневматическими тормозами. В положении VЭ происходит медленная разрядка уравнительного резервуара через отверстие диаметром 0,7 мм

(как в положении VA). В золотниках действующих кранов № 395-000 такого отверстия нет, поэтому разрядка уравнительного резервуара и тормозной магистрали в положении VЭ не происходит.

У кранов № 395М срабатывание электропневматических тормозов поезда и наполнение тормозных цилиндров до давления 0,3 МПа происходит за время 2,5–3,5 с, и уравнительный резервуар разрядится через отверстие 0,7 мм примерно на 0,01 МПа, что не оказывает какого-либо воздействия на тормозную систему поезда.

Конструкция контроллера крана машиниста № 395М-5 с двумя микропереключателями показана на рисунке 3.13.

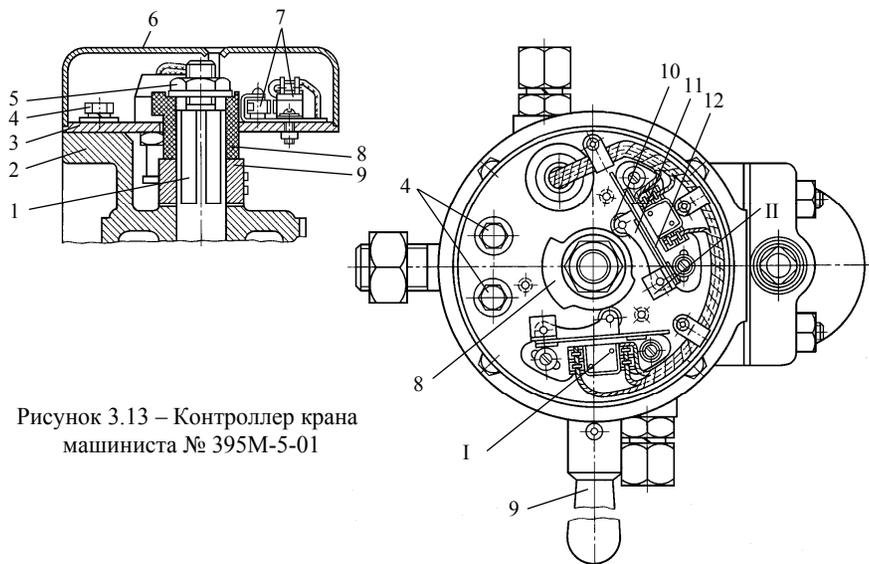


Рисунок 3.13 – Контроллер крана машиниста № 395М-5-01

Металлический диск 3 закреплен двумя винтами 4 на приливе 2 верхней части крана и закрывается сверху крышкой 6. Удлиненный стержень 1, на который надет кулачок 8, зафиксированный сверху гайкой 5, связан с ручкой 9 крана машиниста.

На диске установлены переключатели 7, в составе каждого из них имеется микропереключатели I и II и держатель 12 с однорядным шарикоподшипником 10, закрепленным на оси 11.

Переключение контактов происходит при повороте ручки крана 9 и кулачка 8, надетого на стержень 1 и закрепленного гайкой 5.

На рисунке 3.14 приведена электрическая схема монтажа микропереключателей 6 в контроллере крана машиниста и вилке 5 штепсельного разъ-

ема, закрепленного на стене кабины локомотива. Для различения проводов они имеют маркировку разным цветом: 1 – немаркированный; 2 – красный; 3 – зеленый; 4 – черный.

Для управления электропневматическими тормозами поезда контроллер имеет три положения: отпуск, перекрыша, торможение. В положениях I и II ручки крана машиниста реле вентиля торможения и перекрыши обесточены. В III и IV положениях замыкается электрическая цепь вентиля перекрыши, а в VЭ, V и VI положениях эта цепь размыкается и замыкается цепь реле тормозных вентилях.

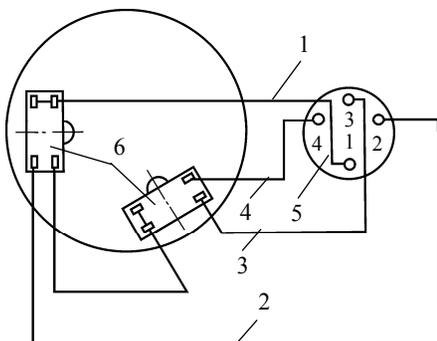


Рисунок 3.14 – Электрическая схема монтажа проводов микропереключателей кранов машиниста № 328 и 395-000 и вилки штепсельного разъема № 354

Особенности кранов машиниста. Кран № 394 (395) широко применяется на поездных локомотивах железных дорог бывшего СССР. Его отличают следующие особенности, которые можно отнести к достоинствам:

- возможность сверхзарядки тормозной магистрали (I положение ручки) с последующим автоматическим переходом на установленное зарядное давление при переводе ручки в положение II;
- кран обеспечивает постоянный темп ликвидации сверхзарядки давления в тормозной магистрали при нахождении ручки во II (поездном) положении;
- величина сверхзарядки, то есть время выдержки ручки в I положении, контролируется по манометру уравнительного резервуара;
- кратковременная выдержка завышенного давления в тормозной магистрали после перевода ручки из положения перекрыши в II положение обеспечивает облегченный отпуск тормозов в поезде;
- кран автоматически поддерживает зарядное давление в тормозной магистрали при IV положении и разобщает магистраль и главный резервуар при III положении ручки;

– уравнильный поршень крана обеспечивает постоянный темп изменения давления в тормозной магистрали поезда за счет большего или меньшего открытия клапанов в зависимости от объема магистрали.

В то же время кран машиниста имеет следующие недостатки в работе и конструкции:

– из-за охлаждения воздуха при разрядке в уравнильном резервуаре выделяется значительное количество влаги;

– сложность фиксации ступени торможения, особенно в длинноставных поездах, из-за отсутствия фиксированных перекрыш;

– из-за пропуска воздуха питательным клапаном редуктора возможно завышение давления в тормозной магистрали при II (поездном) положении ручки;

– золотниково-поршневая конструкция не обеспечивает необходимой плотности элементов крана, требует применения дорогостоящих цветных металлов.

Приборы управления тормозами грузовых и пассажирских поездов требуют обеспечения высокого уровня автоматизации всех процессов управления с пульта машиниста. В частности, должна обеспечиваться возможность перехода на автоматический режим управления, соответствующий конкретным условиям движения поезда. Современные краны машиниста должны осуществлять автоматические ступени торможения, отпуска и сверхзарядки, как по заданной программе, так и в соответствии с конкретными условиями ведения поезда, предотвращая термодинамическое возрастание давления воздуха в управляющих резервуарах после снижения давления при торможении. Должен обеспечиваться непрерывный контроль и сигнализация о техническом состоянии приборов управления, а при возникновении неисправностей осуществляться переход на резервную упрощенную систему управления.

Стандартность действия. Кран машиниста № 394 (395) имеет положительное свойство, обеспечивающее независимость времени наполнения и разрядки тормозной магистрали от ее объема. Это качество крана называется стандартностью действия.

Процесс подачи сжатого воздуха в тормозную магистраль в поездном положении осуществляется через питательный клапан 6 (см. рисунки 3.5 и 3.15, а). Клапан имеет коническую форму, поэтому площадь отверстия, через которое поступает сжатый воздух из питательной магистрали A_1 , зависит от величины вертикального перемещения клапана. Это перемещение определяется движением уравнильного поршня 5 вниз, которое происходит, если давление в резервуаре УР и связанной с ним полости над уравнильным поршнем оказывается выше давления в полости под поршнем и в связанной с ней тормозной магистрали. Чем больше перепад давлений, то есть

меньше давление в магистрали М, тем больше клапан 6 осаживается вниз, сжимая пружину, а кольцевое отверстие, через которое воздух проходит из питательной магистрали А₁ в тормозную магистраль М, имеет большее сечение.

Аналогично происходит разрядка тормозной магистрали при подъеме уравнительного поршня и открытии клапана (рисунок 3.15).

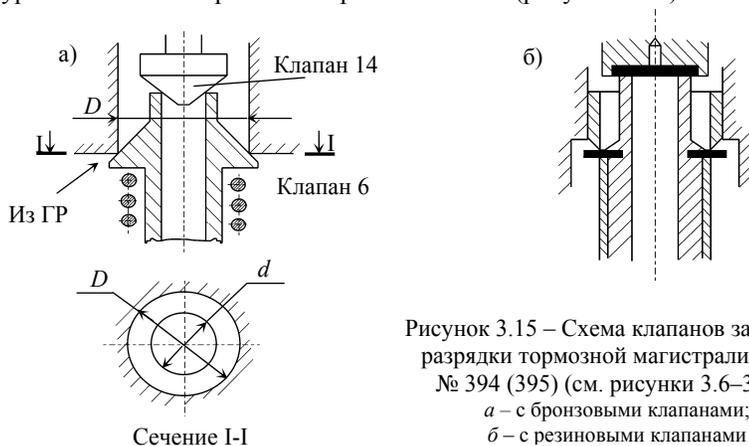


Рисунок 3.15 – Схема клапанов зарядки и разрядки тормозной магистрали крана № 394 (395) (см. рисунки 3.6–3.11):

а – с бронзовыми клапанами;

б – с резиновыми клапанами

Кран периодически подвергается некоторой модернизации, имеющей целью повысить его эксплуатационные характеристики и надежность работы. Предпринимались попытки внесения некоторых конструктивных изменений с целью уменьшить количество цветного металла, используемого в конструкции крана. В частности, установка питательного клапана, изготовленного из резины вместо бронзы (рисунок 3.15, б), привело к запаздыванию при открытии клапана за счет упругости резины. В результате уменьшилась чувствительность крана. Попытка изъятия бронзовой втулки, которой облицованы стенки втулки уравнительной камеры, привела к снижению коррозионной стойкости крана, повреждениям чугунных стенок и снижению плотности уравнительного поршня, поэтому в настоящее время в камеру устанавливается втулка из некорродирующего материала.

Краны машиниста обычно работают при плюсовых температурах, однако в случаях отстоя в зимний период подвергаются воздействию отрицательных температур. Кроме того, на состояние пары «золотник – зеркало золотника» оказывает влияние наличие кислот и щелочей в составе воздуха и его влажность.

Одной из причин нарушения нормальной работы крана в эксплуатации является попадание на притираемые поверхности механических частиц пы-

ли. Поэтому тщательная фильтрация воздуха, поступающего в кран, позволит повысить его надежность.

Кран машиниста № 326. Предназначен для управления автоматически тормозами поездов. В настоящее время иногда применяется в испытательных стендах для проверки отремонтированного тормозного оборудования, а также в различных промышленных установках, на путевых машинах и узкоколейном железнодорожном транспорте (ранее – кран системы Казанцева).

Кран состоит из трех основных частей (рисунок 3.16): управляющей, уравнительной и распределительной. *Верхняя – управляющая* часть стаканом 19 навинчена на корпус уравнительной части 11, которую резиновая прокладка 27 отделяет от распределительной части.

В состав *средней – уравнительной* части входит нажимная головка 14, ввернутая по ленточной резьбе в стакан 19, на котором жестко закреплен градационный хомут 17. Ручка крана 12 с кулачком 13 закреплена на нажимной головке стягивающим болтом 16. Внутри нажимной головки расположена регулирующая пружина 18, закрепленная между верхней 15 и нижней шайбами. Через фасонную нажимную шайбу 23 с уплотнительным резиновым кольцом 20 пружина 18 оказывает давление на металлическую диафрагму 22, которая отделяет управляющую часть крана – стакан 19 от уравнительной части – корпуса крышки 11.

Металлическая диафрагма (мембрана) 22 установлена между кольцом 21 и корпусом 11 средней части. В диафрагме имеется центральное отверстие, в которое проходит ножка фасонной нажимной шайбы, в ножке просверлено отверстие, которое снизу может закрываться верхним конусом двухседельчатого возбуждательного клапана 25, нижним седлом которого является

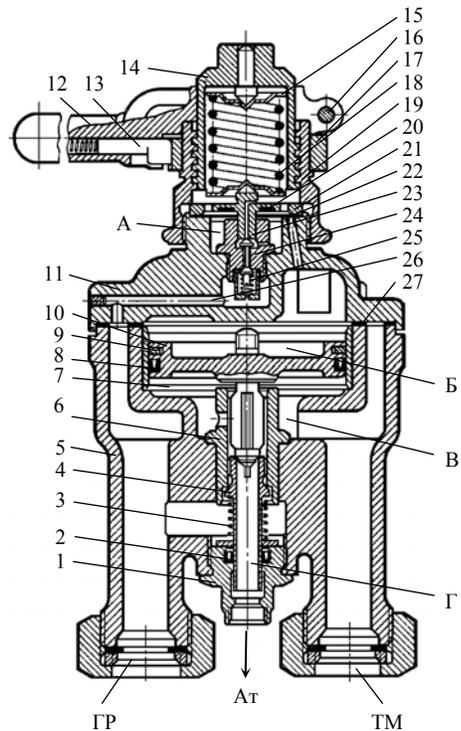


Рисунок 3.16 – Кран машиниста № 326-1

корпус 24, винченный в крышку 11. Снизу клапан фиксируется пружиной, закрытой колпачком, вставленным в корпус. При прогибе мембраны 22 вниз верхним конусом закрывается канал, ведущий в нажимную головку, а нижним конусом открывается вход в канал, ведущий из главных резервуаров ГР.

В нижней распределительной части, к которой подходят патрубки 5 из ГР и тормозной магистрали ТМ, размещается уравнильный поршень 10, уплотненный резиновой манжетой 8 и металлическим кольцом 9. Хвостовик поршня является выпускным клапаном. Он перемещается в стакане 6 и притерт к входу в полый канал, ведущий в атмосферу. Втулка канала является впускным клапаном 4 для воздуха, проходящего из резервуара ГР в магистраль ТМ. Это происходит при опускании поршня 10 в результате повышения давления в полости над ним. Поршень перемещается в бронзовой втулке 7.

Действие крана 326. Воздух из главных резервуаров ГР по питательной магистрали поступает в канал 26 и под нижний конус возбуждающего клапана 23. Если ручка крана находится в положении зарядного давления в тормозной магистрали 0,5 МПа (5 кгс/см²), то соответствующим образом сжата пружина 18, а мембрана 22 прогнута вниз. При зарядке магистрали ТМ воздух через открытый нижний канал двухседельчатого клапана поступает в полость А, а затем по каналу с калиброванным отверстием – в полость Б над уравнильным поршнем 10. В результате поршень 10 опускается вниз и открывает клапан 4, через который воздух из главных резервуаров ГР поступает в полость В под поршнем и оттуда – в тормозную магистраль ТМ. Поскольку объем магистрали ТМ значителен, то давление в ней поднимается замедленно и соответственно растет давление в полости В под поршнем. Когда давление в полости В сравняется с давлением в полости Б над поршнем, под действием пружины 3 питательный клапан 4 закроет доступ воздуху из магистрали ГР в магистраль ТМ. Еще раньше соответствующее давление установится в полости Б над поршнем и связанной с ней полостью А под металлической мембраной 22. Давление в полости А определяется усилием пружины 18, то есть положением ручки 12 крана машиниста.

При перемещении ручки в положение, соответствующее следующему давлению в ТМ, например $p_m = 0,44$ МПа, усилие сжатия пружины 18 уменьшится и металлическая диафрагма 22 прогнется вверх, открывая выход воздуху из полости А через канал в нажимной шайбе 23 в атмосферу. Давление в полости А будет определяться усилием сжатия пружины 18. Соответственно понизится давление в полости Б над уравнильным поршнем и магистрали ТМ. Выпуск воздуха из ТМ осуществляется через канал Г трубчатого клапана, уплотненного манжетой 2 в цокольном стакане 1.

При дальнейшем перемещении ручки крана против часовой стрелки соответственно будет уменьшаться давление в магистрали ТМ и увеличиваться

степень торможения. Нажимная головка 14 поднимается вверх, освобождая пружину 18 при повороте ручки крана машиниста против часовой стрелки. При обратном вращении ручки 12 по часовой стрелке увеличивается степень сжатия пружины 18 и соответственно возрастает величина давления, поступающего в тормозную магистраль. Ручка крана (рисунок 3.17, а) имеет семь положений, каждое из которых соответствует определенному давлению в тормозной магистрали. Величины давлений, реализуемые краном, указаны на рисунке 3.17, а.

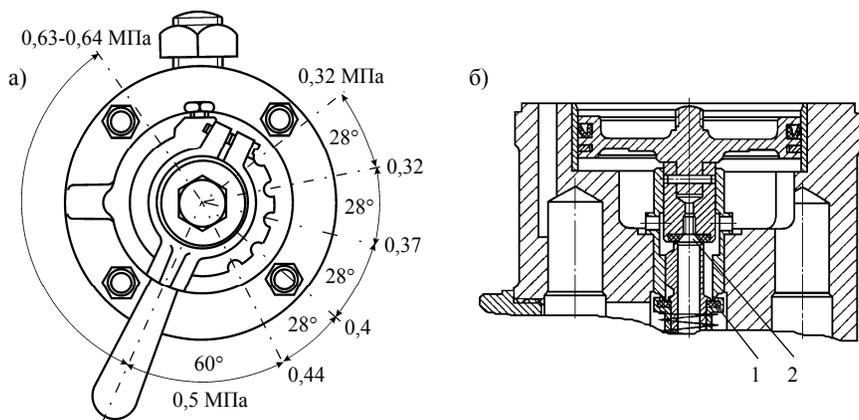


Рисунок 3.17 – Кран машиниста № 326-1:
а – положения ручки; б – впускной 2 и выпускной 1 клапаны

В настоящее время московский завод «Трансмаш» выпускает краны № 326-1, применяемые на локомотивах для узкоколейных путей, путевых машинах и в промышленных установках. Характерное отличие этого крана от крана № 326 – в конструкции выпускного клапана (рисунок 3.17, б), который выполнен из резиновой прокладки 1, закрепленной на хвостовике уравнительного поршня. Аналогично выполнен и впускной клапан 2.

Приставка электропневматическая № 206 (рисунок 3.18). Предназначена для работы совместно с краном типа № 394 или 395. Позволяет управлять пневматическими тормозами поезда в составе систем автоматического управления САУТ-Ц, САУТ-ЦМ, САУТ-АМ. Применяется на грузовых и пассажирских локомотивах. Устанавливается между корпусом крана и редуктором. Приставка содержит два электромагнитных вентиля, управление которыми осуществляется подачей постоянного тока напряжением 50 В. Мощность, потребляемая электромагнитами, не превышает 12 Вт.

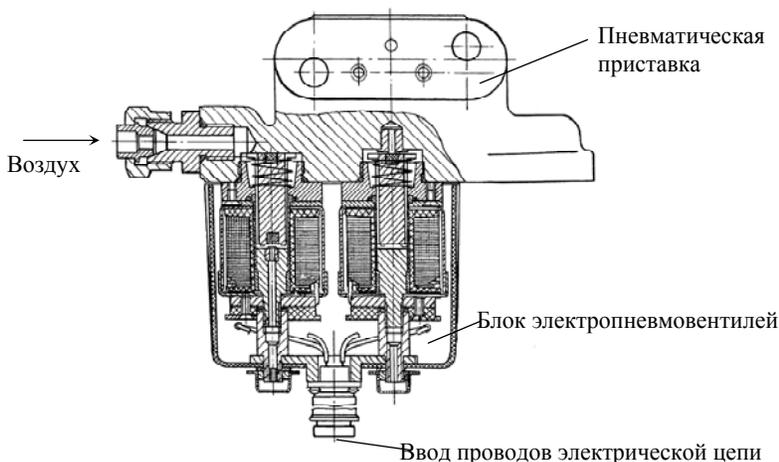


Рисунок 3.18 – Приставка электропневматическая № 206

3.3 Краны вспомогательного тормоза локомотива

Для приведения в действие тормозов только локомотива применяются прямодействующие краны машиниста. На подвижном составе железных дорог стан СНГ получили распространение кран № 254 (сейчас выпускается № 254-1) с автоматическими перекрышами, оборудованный реле давления, которое наполняет тормозные цилиндры сжатым воздухом при работе поездного крана машиниста, и кран 4ВК с неавтоматической перекрышей, при которой происходит разобщение тормозного цилиндра с атмосферой и питающей магистралью.

Московским заводом «Трансмаш» выпускается кран № 215 вспомогательного тормоза, предназначенный для управления тормозами независимо от действий автоматического тормоза, а также в качестве реле, обеспечивающего питание тормозных цилиндров сжатым воздухом в зависимости от действия воздухораспределителя, аналогично крану № 254.

Завод «Трансмаш» разработал также кран № 224 вспомогательного тормоза локомотива, предназначенный для управления прямодействующими тормозами локомотива или нескольких локомотивов, работающих по системе многих единиц, или локомотивов, расположенных в составе соединенного поезда.

Кран № 254-1 вспомогательного тормоза локомотива (рисунок 3.19) состоит из трех частей, разделенных резиновыми прокладками. Верхняя – ре-

гулирующая, средняя – повторитель (реле), нижняя – привалочная плита с дополнительной камерой $V_{\text{доп}}$ объемом 0,3 л.

Верхняя часть состоит из корпуса 6, по внутренней левой ленточной двухзаходной резьбе которого может перемещаться регулирующий стакан 5. Управление краном и перемещение стакана 5 осуществляется при повороте ручки 1 крана. Фиксация ручки в различных положениях осуществляется фиксатором, подпираемым пружиной 2. При перемещении ручки вместе с ней вращается в ленточной резьбе, поднимаясь или опускаясь, стакан 5. Регулирующий болт 3 через верхний центр воздействует на пружину 4, которая через нижний центр опирается на хвостовик верхнего поршня. При повороте против часовой стрелки пружина 4 сжимается, увеличивая силу нажатия на систему поршней 8, 10.

На фланце корпуса 6 расположено буферное отпусное устройство, в состав которого входят упорка 17 и пружина 20, поджимающая буфер клапана 19. Пружина 18 способствует возвращению ручки крана из отпусного положения I в поездное II.

Средняя часть отделена от верхней части прокладкой 25 и от привалочной плиты прокладкой 14. В корпусе средней части 11 размещены верхний поршень 8 и нижний двухдисковый поршень 10, уплотненные резиновыми манжетами 9. Между дисками нижнего поршня просверлены радиальные отверстия для соединения полости между манжетами с атмосферой. Хвостовик верхнего поршня 8 входит в направляющую, образованную цилиндрической расточкой на диске 7. Полость между поршнем 8 и верхним диском

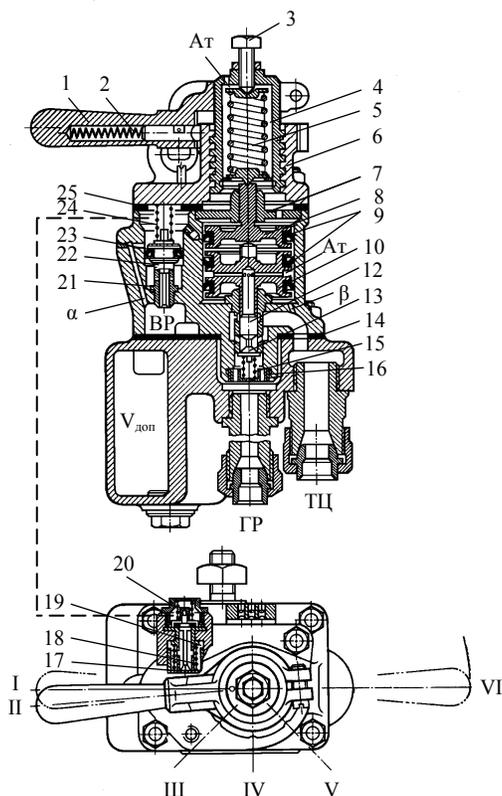


Рисунок 3.19 – Кран № 254-1 вспомогательного тормоза локомотива

поршня 10 соединена с дополнительной камерой $V_{\text{доп}}$, а полость под нижним диском поршня 10 – с тормозными цилиндрами ТЦ.

В боковой части корпуса размещен переключательный поршень 23, уплотненный манжетой и поджатый сверху пружиной 24. Хвостовик 22 поршня входит в запрессованную втулку 21.

Канал α сообщает полости над и под поршнем. Это сообщение перекрывается, если поршень поднимется вверх.

В нижней части крана размещается дополнительная камера $V_{\text{доп}}$ и двухседельчатый клапан 12-13, перемещающийся во втулке. Клапан поджат снизу пружиной 15, нижний конец которой упирается в винтовую шайбу-стакан с фильтром 16. Через фильтр подходит воздух из главных резервуаров. Поступление воздуха в тормозные цилиндры регулируется нижним концом клапана 13.

Ручка крана № 254 имеет шесть положений: I – локальный отпуск, в этом положении ручка крана может находиться, будучи поджатой из поездного положения II, которое обеспечивает наполнение тормозных цилиндров при действии поездного автоматического тормоза; III–VI, обеспечивающие фиксированные величины давления $p_{\text{ц}}$ в тормозных цилиндрах локомотива: III – 0,1–0,13; IV – 0,17–0,20; V – 0,27–0,30; VI – 0,38–0,4 МПа.

При поездном положении II ручки 1 между нижней тарелкой регулирующей пружины 4 и хвостовиком поршня 8 имеется гарантированный зазор, поэтому усилие предварительного сжатия пружины 4 на поршень 8 не передается.

Когда торможение выполнено поездным краном машиниста, воздух от локомотивного воздухораспределителя поступает в полость ВР и далее в полость под переключательным поршнем 23, а также по каналу α с калиброванным отверстием диаметром 1,5 мм в полость над этим поршнем. Поршень остается в нижнем положении под действием пружины 24. Из полости над поршнем через калиброванное отверстие диаметром 0,8 мм воздух перетекает в полость между верхним 8 и двухдисковым 10 поршнями и сообщенную с ней камеру $V_{\text{доп}}$ объемом 0,3 л. Под давлением поступившего воздуха двухдисковый поршень опускается и отжимает от нижнего седла клапан 13. Воздух из главных резервуаров поступает в канал тормозных цилиндров. Поступление воздуха в цилиндры продолжается до тех пор, пока не сравняются давления в полости между поршнями, сообщенной с воздухораспределителем, и полости под двухдисковым поршнем 10, которая сообщается с каналом ТЦ отверстием β . При утечке воздуха из тормозных цилиндров ТЦ двухдисковый поршень опускается, клапан 13 открывается, и порция воздуха снова поступает в цилиндры по каналу ТЦ.

Величина давления в тормозных цилиндрах зависит от установленного положения ручки крана.

Для замедления процесса наполнения тормозных цилиндров локомотива при торможении поездным краном (выравнивания времени наполнения с тормозными цилиндрами поезда) на трубопроводе от воздухораспределителя к крану № 254 может устанавливаться дополнительный резервуар объемом 5–7 л. Эту же функцию выполняет калиброванное отверстие $\varnothing 0,8$ мм, сообщающее полость над переключательным поршнем 23 с полостью между поршнями 8 и 9.

В случае, если необходимо произвести полный или частичный отпуск тормозов локомотива при заторможенном поезде, ручка крана переводится в I положение и удерживается до тех пор, пока в тормозных цилиндрах локомотива установится необходимое давление. При этом ручка 1 нажимает на колпачок 17, который, сжимая пружину буфера 18, давит на толкатель 19 клапана. Клапан буфера открывается, сжимая пружину 20. Через открытый клапан в атмосферу выходит воздух из дополнительной камеры $V_{\text{доп}}$ и полости над поршнем 23, связанной с полостью буфера отверстием $\varnothing 5$ мм. Уплотненный манжетой поршень 23 поднимается, перекрывая калиброванное отверстие α диаметром 1,5 мм, ведущее к воздухораспределителю ВР. Таким образом, давление в тормозных цилиндрах локомотива может быть понижено на необходимую величину или до нуля при заторможенном поезде.

Торможение при отпущенных автоматических тормозах (в режиме прямодействия). При повороте ручки 1 крана против часовой стрелки она фиксируется в одном из положений III–VI. Зазор между положениями II и III ручки составляет 15–20°. Стакан 5 по ленточной резьбе ввертывается в крышку 6, и пружина 4 через нижний упор давит на хвостовик верхнего поршня 8. Усилие сжатия пружины 4 увеличивается по мере перемещения ручки 1 против часовой стрелки в тормозные положения. Хвостовик отжимает двухседельный клапан 13, и воздух из резервуаров ГР через фильтр и отверстия в винтовой шайбе 16 поступает в магистраль вспомогательного тормоза ТЦ и одновременно через калиброванное отверстие β – в полость под нижним двухдисковым поршнем 10. Таким образом, давление в тормозных цилиндрах определяется усилием сжатия пружины 4, когда клапан 13 закроет питательное отверстие, ведущее из главных резервуаров.

Если имеются утечки сжатого воздуха из тормозных цилиндров, то клапан 13 остается приоткрытым, и воздух из главных резервуаров компенсирует утечки.

Снижение давления в тормозных цилиндрах происходит при обратном движении ручки по часовой стрелке. При этом уменьшается усилие сжатия пружины 4 и требуется меньшее давление сжатого воздуха на нижний поршень

из магистрали вспомогательного тормоза ТЦ. Под имеющимся давлением нижний двухдисковый поршень поднимается. В зазор между верхним клапаном и хвостовиком поршня воздух из магистрали ТЦ выходит в атмосферу Ат через канал между дисками нижнего поршня.

Величина сжатия пружины 4 и соответственно давление в ТЦ при торможении прямодействующим краном может быть отрегулировано вращением болта 3.

При установке ручки в поездное положение II усилие сжатия пружины 4 уменьшается так, что между ее нижней тарелкой и хвостовиком поршня 8 образуется гарантированный зазор. Поэтому выпускной клапан 12 постоянно открыт, и воздух из канала ТЦ через отверстия 10 между дисками поршня выходит в атмосферу. Происходит полный отпуск тормозов локомотива.

Время наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом (не более 4 с до 0,3 МПа) и отпуска тормоза (13 с) постоянно и не зависит от числа и объема цилиндров. Это достигается благодаря большим проходным сечениям отверстий, служащих для подачи воздуха из главного резервуара и выпуска его в атмосферу; величина открытия конических клапанов этих отверстий устанавливается автоматически.

Достоинства крана № 254:

- прямодействие и неистощимость во всех тормозных положениях ручки;
- нечувствительность к утечкам сжатого воздуха из тормозных цилиндров (автоматическое пополнение);
- ступенчатый или полный отпуск тормоза локомотива при торможении поездным краном;
- способность работать как повторитель (реле) на несколько тормозных цилиндров большого объема;
- фиксированные перекрыши;
- стандартность действия, то есть независимость времени наполнения тормозных цилиндров от их объема.

Недостатком крана № 254 является его неавтоматичность, так как при обрыве магистрали происходит отпуск тормоза. В случае, если произошел обрыв магистрали между тележками, то у передней тележки давление в тормозных цилиндрах сохранится, хотя и пониженное, благодаря интенсивной питающей способности крана.

Кран 4ВК. В настоящее время применяется на некоторых локомотивах старой постройки. Кран не имеет фиксированных положений перекрыши. Величина давления в тормозной магистрали при торможении и отпуске устанавливается в зависимости от времени выдержки ручки в тормозном или отпускном положениях. Поэтому ручка крана имеет три положения (рисунок 3.20). Кран – золотниковой конструкции. Золотник 2 при вращении по зер-

калу золотника 8, расположенному в верхней части корпуса 1, перекрывает или открывает сообщение между питательной магистралью ГР и тормозными цилиндрами или между цилиндрами и атмосферой.

Давление сжатого воздуха, поступающего из питательной магистрали, ограничено клапаном максимального давления.

В верхней части золотника 2 имеется паз, в который входит направляющая 4 (стержень с поперечным зубом). Механизм крана сверху закрыт крышкой 3, через отверстие в верхней части которой проходит направляющая. Ручка крана 6 закреплена на направляющей гайкой 5. Пружина 7 прижимает золотник 2 к зеркалу 8. Кроме усилия пружины 7 на золотник 2 действует давление сжатого воздуха, проходящего из магистрали ГР в полость А над золотником.

При постановке ручки 6 в положение «Торможение» тормозной цилиндр сообщен с главными резервуарами. В положении «Перекрыша» фиксируется полученное давление в тормозных цилиндрах. Время наполнения ТЦ до давления 0,3 МПа составляет 6–10 с, а время полного отпуска – 10–16 с.

Кран управления № 215 (рисунок 3.21) применяется на пассажирских локомотивах и путевых машинах. Может работать независимо от действия автоматического тормоза. Ручка крана имеет 5 положений – поездное и четыре тормозных с фиксированными перекрышами. Величина давления, которое устанавливается в тормозных цилиндрах, такая же, как и у крана № 254.

В поездном положении кран № 215 обеспечивает работу тормозов локомотива при управлении краном № 394 (395).

Исполнительный орган крана – резиновая диафрагма, прогибающаяся под действием пружин при повороте ручки управления.

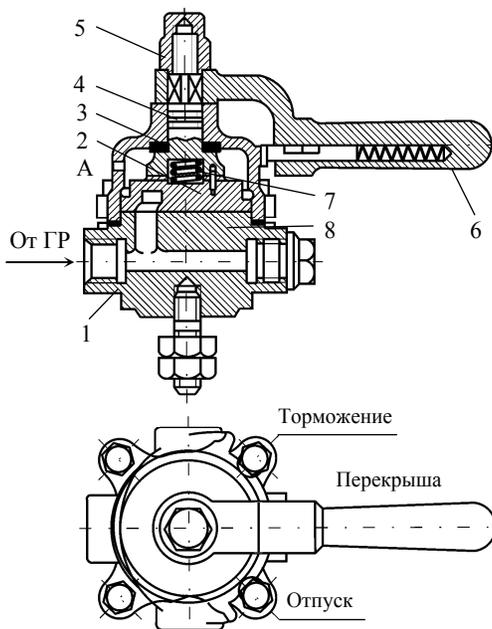


Рисунок 3.20 – Кран 4ВК вспомогательного тормоза локомотива

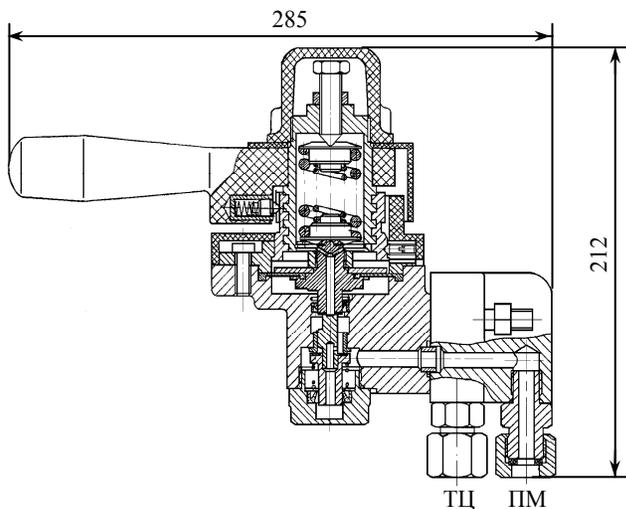


Рисунок 3.21 – Кран управления № 215

Кран № 224 вспомогательного тормоза локомотива. Предназначен для управления прямодействующими тормозами локомотива или нескольких локомотивов, работающих в составе соединенного поезда или по системе многих единиц (рисунки 3.22, 3.23).

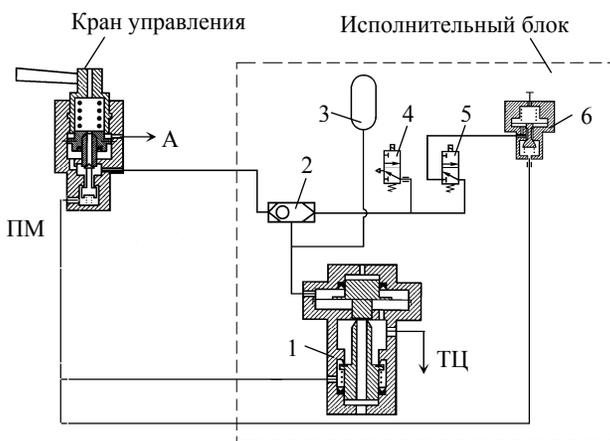


Рисунок 3.22 – Пневматическая схема крана № 224 вспомогательного тормоза

Работает независимо от действия автоматического тормоза. Состоит из крана управления № 215 и исполнительного блока 224.10. Кран управления размещается в кабине машиниста рядом с пультом управления. Исполнительная часть размещена в машинном отделении.

Дистанционное управление наполнением и разрядкой тормозных цилиндров осуществляется поворотом ручки крана. При этом система автоматического управления тормозами (САВП) воздействует на электропневматические вентили 4 и 5, которые расположены на исполнительном блоке совместно с редуктором 6, переключательным клапаном 2 и реле давления 1. К тормозным цилиндрам и в резервуар 3 воздух поступает через устройство блокировки тормозов 367М из питательной магистрали ПМ.

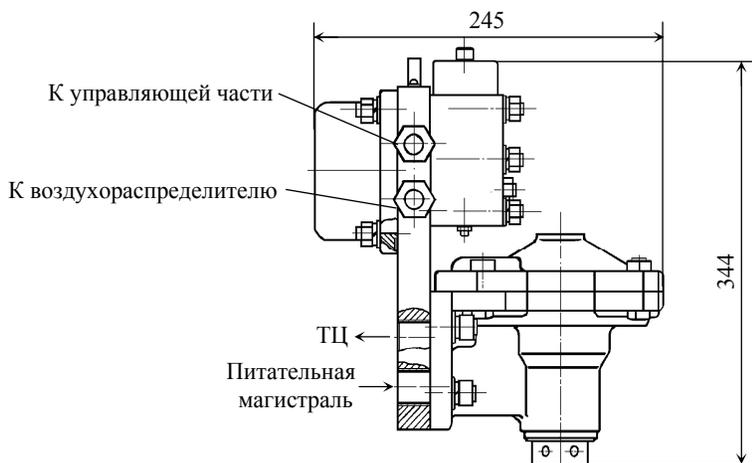


Рисунок 3.23 – Исполнительный блок 224.10 крана вспомогательного тормоза

3.4 Краны машиниста с дистанционным управлением

Краны с дистанционным управлением выпускались и испытывались уже в 70-х годах XX века. Например, кран № 408 или приставка № 046 для дистанционного управления тормозами к крану машиниста № 394.

В последние годы усилия конструкторов тормозной техники направлены на разработку приборов, позволяющих производить управление тормозами не только вручную, но и на расстоянии, в системах безопасности и автоведения с непрерывной диагностикой тормозной системы поезда.

Кран машиниста № 130 предназначен для управления пневматическими и электропневматическими тормозами грузовых и пассажирских поездов.

Предусмотрена возможность управления тормозами вручную и дистанционно в системах безопасности и автоведения поездов, таких как САУТ, САВП, КЛУБ* и других с непрерывной диагностикой тормозного оборудования.

Кран машиниста № 130 состоит из следующих основных узлов (рисунок 3.24): контроллера 1, крана резервного управления 2, клапана 4 аварийного экстренного торможения (КАЭТ), блока электропневматических приборов 6, выключателя цепей управления 3 и уравнительного резервуара 5. Контроллер 1 крана машиниста, клапан 4, кран резервного управления 2 и выключатель 3 встроены в пульт управления локомотивом.

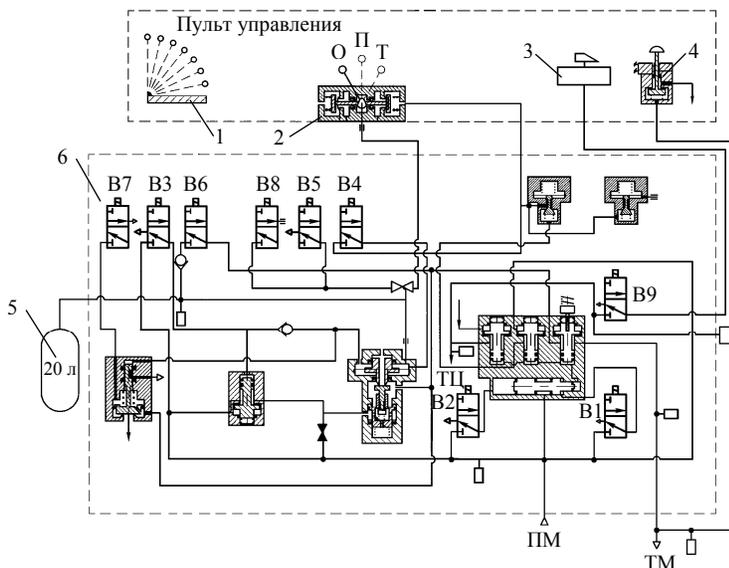


Рисунок 3.24 – Кран машиниста № 130 с дистанционным управлением:
 В1 – В9 – вентили: В1 – включения устройства блокировки тормозов; В2 – выключения устройства блокировки тормозов; В3 – наполнения (I положение); В4 – отпуска; В5 – тормозной; В6 – перекрыши; В7 – экстренного торможения; В8 – замедленного торможения; В9 – выключения блокировки тормозов

Контроллер предназначен для управления тормозами. Каждой его позиции соответствует определенное состояние электрических цепей. При повороте ручки контроллера, имеющей семь положений, замыкаются контакты в цепи управления тормозами и электрические сигналы подаются на блок 6

* САУТ – система автоматического управления тормозами;
 САВП – система автоматического ведения поезда;
 КЛУБ – комплекс локомотивных устройств безопасности.

электропневматических приборов, расположенный отдельно на исполнительной части. Каждому положению рукоятки контроллера соответствует определенное состояние электропневматических вентилях (ЭПВ) на исполнительной части и определенное давление воздуха в тормозной магистрали поезда.

Рукоятка контроллера перемещается в горизонтальной плоскости и имеет семь положений:

I – отпуск тормоза и сверхзарядка при сообщении тормозной магистрали широким каналом с питательной магистралью; II – поездное, при котором обеспечивается нормальное зарядное давление в тормозной магистрали с восполнением допускаемых утечек сжатого воздуха; III – перекрыша без питания; IV – перекрыша с питанием тормозной магистрали; VA – разрядка тормозной магистрали замедленным темпом; VB – служебное торможение; VI – экстренное торможение.

Работа крана 130 аналогична работе крана № 394 (395) в соответствующих положениях ручки. Первое положение – отпуск и сверхзарядка – производится с самовозвратом ручки в поездное положение II, остальные – фиксированные.

Кран резервного управления предназначен для управления пневматическими тормозами в случае отказа контроллера или при отсутствии электрического питания тормозной цепи. Рукоятка крана расположена в вертикальной плоскости и имеет три положения: отпуск, перекрыша с питанием и торможение.

Временные характеристики по наполнению и снижению давления в тормозной магистрали такие же, как и при управлении контроллером.

В положении «Торможение» производится разрядка тормозной магистрали поезда. Глубина разрядки зависит от времени выдержки ручки крана в этом положении. При управлении контроллером ручка крана резервного управления должна находиться в положении «Торможение».

Клапан аварийного экстренного торможения (КАЭТ) предназначен для выполнения экстренного торможения при возникновении аварийной ситуации или при отказе контроллера. Он дублирует VI положение контроллера. Кнопка клапана имеет два фиксированных положения. При нажатии на кнопку происходит прямое сообщение тормозной магистрали с атмосферой через отверстие $\varnothing 25$ мм, с одновременным отключением тяги и включением песочницы. При возврате кнопки очередным нажатием восстанавливается предыдущее действие крана машиниста. Кнопка КАЭТ может устанавливаться на пульте у помощника машиниста вместо стоп-крана.

Блок электропневматических приборов (БЭПП) является исполнительной частью крана машиниста (рисунок 3.25) и расположен в машинном отделении локомотива. В двухкабинных локомотивах устанавливается один

блок. Он представляет собой плату с расположенными на ней пневматическими и электропневматическими клапанами. В состав БЭПП входит электронный блок, к которому подключены сигнализаторы давления в тормозной магистрали и тормозных цилиндрах и система автоматического управления тормозами (САУТ). Сигнал о неисправности и соответственно неправильном функционировании крана машиниста отображается на пульте управления транспарантом «Неисправность крана машиниста».

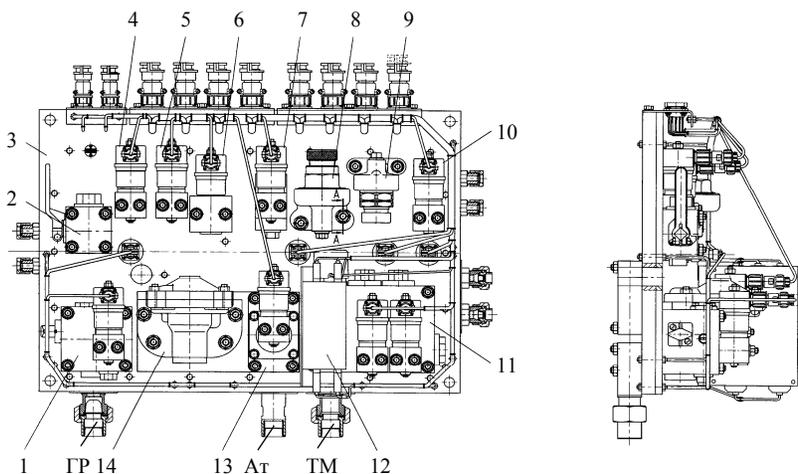


Рисунок 3.25 – Блок электропневматических приборов крана машиниста:

1 – питательный клапан; 2 – переключатель режимов; 3 – панель блока; 4–7, 10– электропневмомоменты; 8 – редуктор крана; 9 – стабилизатор давления; 11 – устройство блокировки тормозов; 12 – датчик давления; 13 – клапан срывной; 14 – реле давления

В кране имеется возможность менять сечение питающего трубопровода поворотом ручки питательного клапана. Все приборы связаны между собой каналами, расположенными внутри плиты.

Основное управление краном машиниста осуществляется от контроллера.

Для перехода на резервное управление тормозами необходимо повернуть рукоятку переключателя 2 на 90° в вертикальную плоскость. При этом отключается управление контроллером и подключается резервный кран управления.

На плате блока расположено также устройство блокировки тормозов, которое управляется выключателем цепей управления и осуществляет связь между реле давления и тормозной магистралью, питательной магистралью, краном вспомогательного тормоза и импульсной магистралью. Имеются также два сигнализатора давления и датчик давления.

Кран машиниста с дистанционным управлением имеет довольно сложную конструктивную схему, собранную на магнитоуправляемых микропроцессорных схемах с бесконтактным переключением основных триггеров по количеству позиций.

Кран может быть использован на всех типах локомотивов и мотор-вагонных поездов.

3.5 Блокировочные устройства в системе управления тормозами

Рассматривая схемы расположения и присоединения приборов управления тормозами, видим, что кроме кранов машиниста и крана вспомогательного тормоза в кабине локомотива имеется еще ряд кранов, предназначенных для включения или отключения тормозных приборов.

В настоящее время в поездных локомотивах при смене кабины для правильного включения тормозной системы двухкабинного или многосекционного локомотива применяется **блокировочное устройство № 367М** (рисунок 3.26). Оно предназначено для соединения крана машиниста и крана вспомогательного тормоза с питательной и тормозной магистралями, с тормозными цилиндрами, а также блокирует электрическую цепь управления и принудительно затормаживает локомотив при смене кабин управления.

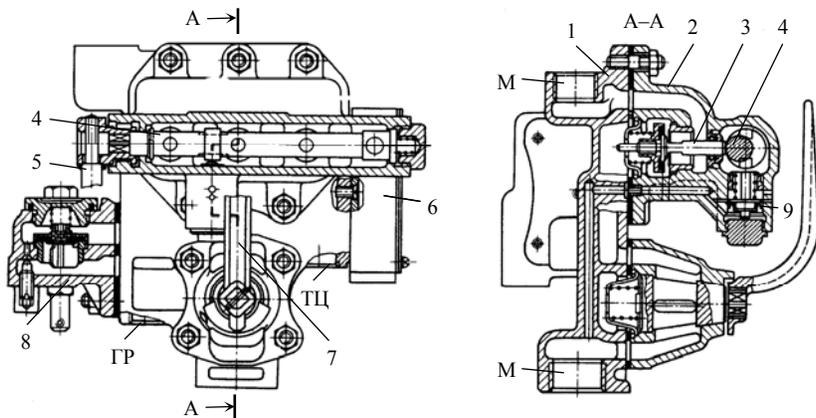


Рисунок 3.26 – Устройство № 367М блокировки тормоза локомотива

Устройство состоит из кронштейна 1, корпуса 2 с размещенным в нем переключателем клапанов 3, выполненным в виде эксцентрикового вала 4. В состав блокировочного устройства входит также комбинированный кран 7,

кулачковый переключатель 6 электрического контакта и неиспользуемый в настоящее время сигнализатор 8 обрыва тормозной магистрали. Его функцию выполняет датчик № 418, устанавливаемый между главной частью и двухкамерным резервуаром воздухораспределителя.

В действующей кабине локомотива ручка комбинированного крана 7, включенного на входе в тормозную магистраль, расположена вертикально вверх, а съемная ручка 5 эксцентрикового вала 4 надета на квадратный конец вала и повернута вниз до упора.

Эксцентриковый вал 4 принудительно открывает четыре клапана 3, имеющие резиновое уплотнение, и запирается хвостовиком стопорного поршня 9 за счет давления воздуха в тормозной магистрали.

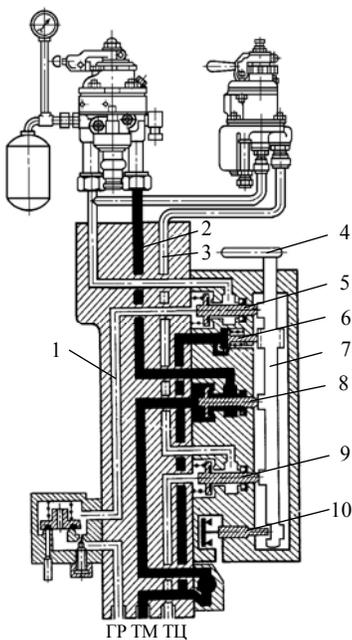


Рисунок 3.27 – Схема монтажа блокировки тормоза локомотива № 367 М

Пятый эксцентрик (рисунок 3.27) в этом положении на стержень 10 электрического контакта не нажимает, и контакт остается замкнутым. Воздух из главного резервуара проходит к крану машиниста № 394 (395) и крану вспомогательного тормоза № 254 через канал ГР, ведущий к главному резервуару, клапан, управляемый стержнем 5, и канал 1. От поездного крана № 394 (395) воздух поступает в тормозную магистраль ТМ через канал 2, клапан, управляемый стержнем 8, и далее через открытый комбинированный кран. После прохождения крана воздух поступает под стопорный поршень с хвостовиком 6, блокируя эксцентриковый вал 7 от возможности поворота.

При торможении от крана вспомогательного тормоза воздух в тормозные цилиндры поступает через клапан, управляемый стержнем 9, по каналу 3.

Для перехода в другую кабину необходимо снять ручку 4. Это возможно в случае, если произведено экстренное торможение локомотива поездным краном машиниста с

полной разрядкой тормозной магистрали. Ручка крана вспомогательного тормоза переводится в тормозное положение.

Когда давление на стопорный поршень уменьшится до 0,03 МПа (0,3 кгс/см²), хвостовик 6 разблокирует эксцентриковый вал 7. Теперь можно

повернуть ручку 4 с эксцентриковым валом на 180° и снять ее с фасонной головки вала 7. При этом закрываются клапаны, управляемые стержнями 5, 8 и 9, которые сообщали главные резервуары (питательную магистраль) с краном машиниста (клапан 5), тормозную магистраль с краном машиниста (клапан 8) и магистраль вспомогательного тормоза с тормозными цилиндрами (клапан 9). Одновременно пятый эксцентрик через стержень 10 замыкает контакты в цепи управления тягой локомотива.

В противоположной кабине локомотива ручку 4 надевают на эксцентриковый вал 7 и поворачивают на 180° вниз до упора, что приводит к открытию клапанов, управляемых стержнями 5, 8 и 9, и замыканию контакта, управляемого стержнем 10. После этого ручка поездного крана машиниста переводится из положения VI в положение II, производится зарядка и отпуск тормозов локомотива.

Электроблокировочный клапан ЭК-44 (рисунок 3.28) используется в цепях управления электровозом для исключения одновременной работы рекуперативного или реостатного тормозов и пневматического тормоза.

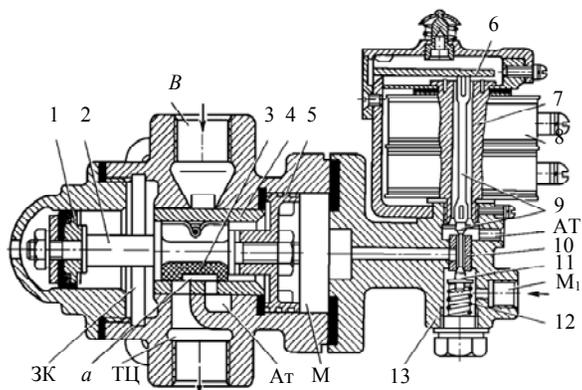


Рисунок 3.28 – Электроблокировочный клапан ЭК-44 (Э-104Б)

На электровозах клапаны устанавливают на трубопроводе от крана вспомогательного тормоза к тормозным цилиндрам за переключательным клапаном или от воздухораспределителя к тормозным цилиндрам до переключательного клапана.

Клапаны ЭК-44 (ранее обозначавшиеся Э-104Б) не выпускаются, однако еще находятся в эксплуатации. В клапане совмещены пневматическая и электрическая части.

Электрическая часть – электромагнитный вентиль – состоит из катушки 8, намотанной на сердечнике 7, в канале которого свободно перемещается мед-

ный стержень 9, нижний конец которого представляет собой клапаны 10 (9) и 11. Клапан 10 может прижиматься к нижнему седлу втулки усилием пружины 12. При включении электрического тока (+50 В) якорь 6 притягивается к сердечнику 7, перемещая вниз стержень 9, который закрывает клапан 10 и открывает клапан 11. Изолировочные стержни регулируют зазор между якорем 6 и сердечником 7 от 1 до 0,5 мм.

При обесточенной катушке 8, когда якорь 6 не притягивается к сердечнику 7, клапан 10 будет открыт, а клапан 11 – закрыт усилием пружины 12.

Механическая часть электроблокировочного клапана ЭК-44 золотниково-поршневой конструкции расположена в корпусе, в расточке которого размещается стержень 2 с закрепленными на нем поршнями 1 и 5, причем площадь поршня 5 примерно в два раза больше площади поршня 1. Во втулке 4 имеется зеркало, по которому перемещается золотник 3. Выемка *a* золотника может сообщать отверстия Ат диаметром 6 мм и ТЦ диаметром 9 мм в зеркале золотника. Отверстие Ат соединено с атмосферой, а отверстие ТЦ – с тормозными цилиндрами.

При действии электрического тормоза катушка 8 получает питание, и якорь 6, перемещаясь вниз, закрывает клапан 10 и открывает клапан 11. Сжатый воздух из тормозной магистрали по каналу M_1 поступает в камеру М перед большим поршнем 5, и система поршней 5 и 1 вместе с золотником 3 перемещается влево до упора поршня 5 в резиновую прокладку. При этом камера ЗК разобщается с каналом ТЦ, а канал ТЦ сообщается с атмосферой АТ через выемку *a*. В этом случае торможение воздухом распределителем и краном ручного тормоза невозможно.

При экстренном торможении, когда давление в тормозной магистрали M_1 резко снижается до атмосферного и стержень 2 с поршнями 1 и 5 перемещается вправо, воздух от источника сжатого воздуха через отверстие *B* поступает в канал ТЦ, ведущий к тормозным цилиндрам. В этом случае будет происходить совместная работа пневматического и электрического тормозов.

Электроблокировочный клапан КПЭ-99 (рисунок 3.29). Клапан состоит из электромагнитного вентиля 10, по конструкции и принципу действия аналогичного вентилю клапана ЭК-44, и клапанно-поршневой пневматической части, которая содержит корпус 6, закрепляемый на локомотиве с помощью привалочного фланца, и крышку 1 с закрепленным на ней вентиляем 10. Переключательный клапан 7 с двумя уплотнительными кольцами, закрывающими седло 5 или 8, может перемещаться вверх под действием поршня 3, уплотненного манжетой 2. Пружина 4 постоянно давит на седло 5 и поршень 3. Сверху на переключательный клапан 7 действует пружина, фиксируемая заглушкой 9, ввернутой в корпус 6. Полость, в которой размещена пружина 16, сообщается с атмосферой через канал в винте 18. В таком

случае при обесточенном вентиле 10 возможно питание тормозных цилиндров из канала В в канал ТЦ, поскольку переключательный клапан 7 находится в нижнем положении под действием пружины, опирающейся на заглушку 9.

Если вентиль 10 обесточен, то воздух из тормозной магистрали М не может поступить в полость между седлом 11 и клапаном 12, которая в этом случае сообщается с атмосферой через вентиль 10.

В полость над переключательным клапаном 7 через канал В поступает сжатый воздух от воздухораспределителя ВР или от вспомогательного тормоза локомотива при торможении. Полость между седлами 5 и 8 сообщается с тормозным цилиндром ТЦ, а полость над поршнем 3 – с атмосферой.

В нижней крышке 1 расположен переключательный клапан 12, который запирает седло 11 усилием пружины 16, действующей через толкатель 15.

Усилие пружины 16 может регулироваться винтом 18, заворачиваемым в обойму 17, которая в крышке 1 уплотнена резиновым кольцом 14 и имеет резиновое уплотнение 13 переключательного клапана 12.

При электрическом торможении необходимо перекрыть доступ сжатого воздуха в тормозные цилиндры от воздухораспределителя или крана вспомогательного тормоза, чтобы исключить совместное действие пневматического и электрического тормозов. В этом случае вентиль 10 находится под напряжением и пропускает сжатый воздух из тормозной магистрали М через седло 11 к переключательному клапану 12, который перемещается влево до упора в резиновое уплотнение 13. В результате происходит отключение полости под поршнем 3 от атмосферы Ат через канал в регулировочном винте 18 и повышение давления в ней. Поршень 3 перемещается вверх под действием воздуха из магистрали М. Клапан 7 поднимается вверх и садится

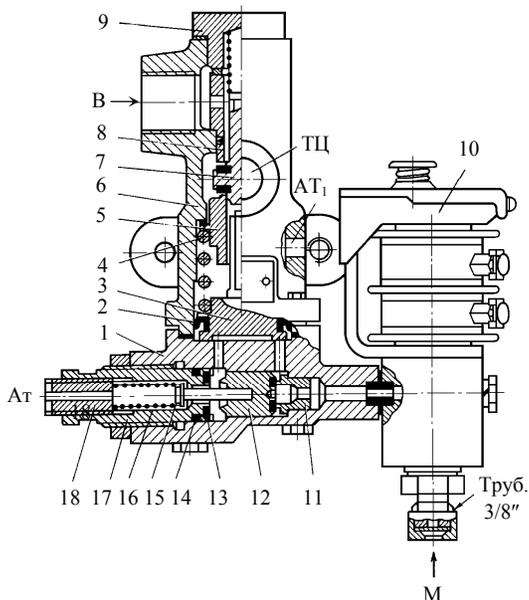


Рисунок 3.29 – Электроблокировочный клапан КПЭ-99

на седло 8, перекрывая доступ сжатого воздуха в тормозные цилиндры ТЦ, и одновременно сообщает их с атмосферой АТ₁. С атмосферой сообщается и вся полость, где расположена пружина 4. Переключательный клапан 12 остается прижатым к уплотнению 13, поэтому воздух из магистрали М продолжает удерживать поршень 3 в верхнем положении.

При экстренном торможении, производимом в процессе работы электрического тормоза, или при его отказе, когда вентиль 10 окажется обесточенным и давление в полости под поршнем 3, а следовательно, в магистрали М, понизится до величины, определяемой усилием пружины 16 (0,25 МПа), пружина 16 переместит толкатель 15 и переключательный клапан 12 вправо, закрывая выход из седла 11. Давление под поршнем 3 понизится до атмосферного благодаря сообщению с атмосферой. Под действием пружины 4 поршень 3 опускается вниз и клапан 7 садится на нижнее седло 5, открывая доступ воздуху от воздухораспределителя ВР через канал В в тормозные цилиндры ТЦ.

На электровозах применяют еще ряд приборов управления, предназначенных для автоматического выключения воздушного тормоза в момент перехода на электрическое торможение. В частности, это **автоматические выключатели управления Э119Б, Э119В**, размыкающие цепь электрического тормоза и выключающие тяговые двигатели локомотива в момент экстренного торможения в случае резкого понижения давления в тормозной магистрали.

Аналогично назначение **пневматических выключателей управления ПВУ** различных наименований.

3.6 Обеспечение безопасности движения при работе пневматических тормозов

Автоматичность действия тормозов и питающая способность крана машиниста. При увеличении длины поездов возрастает величина допускаемых утечек сжатого воздуха из тормозной магистрали. Например, утечки из тормозной сети вагона при заряженном тормозе могут достигать 1,0–1,5 л/мин на 1 м длины тормозной магистрали. Соответственно, должна увеличиваться питающая способность крана машиниста, чтобы обеспечить поддержание зарядного давления в магистрали в поездном положении ручки, а при торможении – соответствующее давление в положении перекрышки с питанием. Для этого питающий канал крана машиниста в длинносоставных поездах должен соответствовать отверстию с диаметром 12–13 мм. В то же время автоматичность действия тормозов при разрыве поезда может быть достигнута при такой питающей способности крана машиниста, чтобы

происходило заметное снижение давления в тормозной магистрали поезда. поэтому диаметр питающего отверстия, подводящего воздух из питающей магистрали к полости впускного клапана, не должен превышать 7,0–7,5 мм.

Следует отметить, что при разрыве тормозной магистрали поезда давление на выходе крана машиниста не изменяется, поскольку его величина задана редуктором. В то же время общий расход воздуха, как правило, оказывается гораздо больше, чем при нормальной работе. Расход зависит от величины и размещения утечек по длине тормозной магистрали. Если утечки (неплотности) сосредоточены в оторвавшейся хвостовой части, а разрыв магистрали произошел в головной части поезда, то общий расход может измениться незначительно или не измениться совсем, если транзитный расход воздуха будет оставаться прежним или близким к нему. Если же транзитный расход возрастает, то уменьшаются утечки через оставшиеся неплотности в магистрали поезда, соединенной с локомотивом. Это происходит ввиду того, что при большом расходе и большой скорости воздуха в трубопроводе будет меньшее давление и соответственно снизится расход на утечки через оставшиеся неплотности.

На рисунке 3.30 приведен ориентировочный расход воздуха в различных положениях ручки крана машиниста при управлении тормозами грузового поезда.

Линия 1 показывает расход во II (поездном) положении при равномерном распределении утечек по длине магистрали, линия 2 – расход воздуха в положении перекрыши с питанием (положение IV) (расход возрастает из-за утечек из тормозных цилиндров при подпитке запасных резервуаров из тормозной магистрали), линия 3 – при разрыве тормозной магистрали в различных сечениях поезда. Снижение расхода к хвосту поезда происходит из-за сопротивления движению воздуха в магистрали и уменьшения скорости истечения.

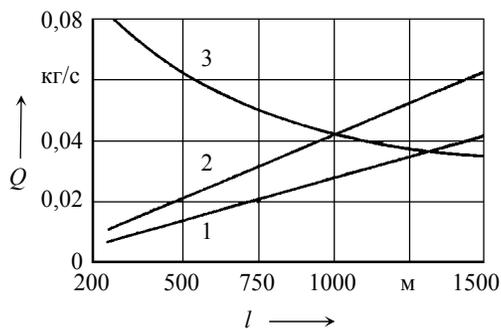


Рисунок 3.30 – Расход воздуха Q через кран машиниста при различной длине по-

езда. Автоматичность действия тормозов обеспечивается лишь в том случае, если расход воздуха при обрыве тормозной магистрали значительно превышает питающую способность крана машиниста. Поэтому при увеличении питающей способности автоматичность действия тормозов должна обеспечи-

ваться дополнительными техническими средствами, к которым относятся датчики № 418 обрыва тормозной магистрали или ускорители экстренного торможения, которыми могут быть оснащены воздухораспределители.

Датчик разрыва тормозной магистрали № 418. Грузовые локомотивы оборудуются пневмоэлектрическими датчиками № 418 (рисунок 3.31), которые устанавливаются на воздухораспределителях № 483 и 270 между главной частью и двухкамерным резервуаром. Этот прибор предназначен для контроля за состоянием тормозной магистрали поезда.

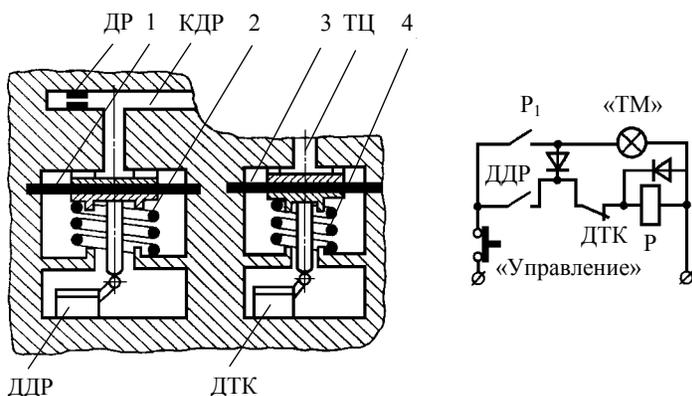


Рисунок 3.31 – Пневмоэлектрический датчик № 418

При обрыве тормозной магистрали, разъединении междувагонных рукавов или открытии концевого крана на хвостовом вагоне давление в тормозной магистрали локомотива снижается не менее чем на 0,02 МПа достаточно быстрым темпом, происходит срабатывание воздухораспределителей на дополнительную разрядку и воздух появляется в канале дополнительной разрядки. Поскольку компрессор на локомотиве продолжает работать, а кран машиниста успевает компенсировать утечку сжатого воздуха, то воздухораспределители производят отпуск тормоза и давление в тормозных цилиндрах не превышает 0,02 МПа. Это объясняется тем, что сечение дросселя в канале дополнительной разрядки (КДР) выбрано таким образом, чтобы при снижении давления в тормозной магистрали давление в тормозных цилиндрах локомотива не превышало указанной величины и пружина датчика, воздействующая на диафрагму 3, препятствовала размыканию контактов датчика тормозной камеры (ДТК). В то же время контакт датчика дополнительной разрядки (ДДР) замыкается из-за прогиба диафрагмы 1, когда давление в канале КДР достигнет величины 0,12 МПа в результате выхода

избытка воздуха из золотниковой камеры воздухораспределителя через канал КДР в атмосферу. Таким образом собирается цепь питания катушки Р, замыкается контакт Р1 и размыкается контакт Р2 в цепи управления тягой локомотива. При замыкании контакта Р1 загорается сигнальная лампа Л (ТМ), расположенная на пульте машиниста. После выравнивания давлений в магистральной и золотниковой камерах воздухораспределителя закрывается клапан дополнительной разрядки, давление в канале КДР падает и размыкается контакт ДДР. Катушка реле Р продолжает получать питание через замкнутые контакты ДТК и Р1.

Отключить цепь питания лампы Л (ТМ) можно в том случае, если произведено торможение поезда, либо вручную отжатием кнопки «Управление» или кратковременной постановкой реверсивной рукоятки в нейтральное положение.

При торможении поезда сигнальная лампа Л загорается и гаснет, что свидетельствует о нормальной работе тормозной системы. Если лампа горит без разрядки тормозной магистрали краном машиниста, это свидетельствует о ненормальной работе.

Расходомеры воздуха через кран машиниста. Для конструкторов тормозных систем и работников тормозного хозяйства представляет интерес определение количества сжатого воздуха, расходуемого тормозной системой, поскольку высокая плотность тормозной сети является одним из условий нормального действия пневматических тормозов. Расход воздуха зависит не только от конструкции и принципа действия тормозных приборов, но и от плотности тормозной сети. Нормы плотности установлены Инструкциями по эксплуатации тормозов. Оценка расхода воздуха, как правило, производится при неработающих тормозах, находящихся в состоянии готовности к торможению, когда автоматически обеспечивается постоянство давления в тормозной магистрали.

Устройства по измерению расхода воздуха позволяют выявить опасные нарушения целостности тормозной магистрали, в частности, закупорку воздухопровода или его обрыв. Оценка расхода воздуха из тормозной сети поезда может производиться измерением перепада давления между питательной и тормозной магистралями. Однако такой метод имеет недостатки, связанные с нестабильностью величины давления сжатого воздуха в главных резервуарах.

Более объективным является метод измерения расхода прибором, выполненным по схеме, изображенной на рисунке 3.32.

Массивный поршень 1 помещен в цилиндрический стакан 2. Поршневым кольцом 3 поршень перекрывает щель 4, образуя проход 5, через который воздух поступает в тормозную магистраль после крана машиниста.

Воздух проходит от питательной магистрали в кольцевую полость 6, расположенную между стаканом 2 и корпусом 7 расходомера. Поршень 1 имеет шток 8, конец которого через уплотнение 9 выведен к системе измерения 10. В верхней части цилиндрического стакана 2 выполнены дополнительные щели 11 для пропуска большого количества воздуха при зарядке тормозной системы и отпуске тормоза.

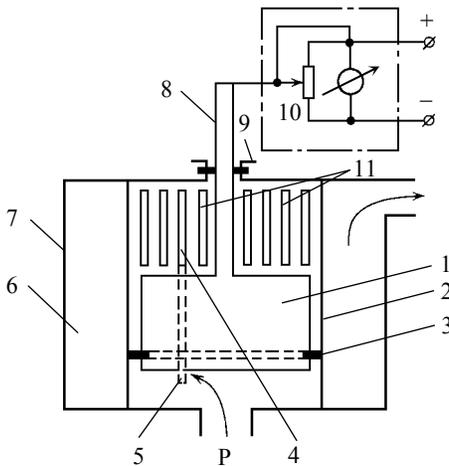


Рисунок 3.32 – Принципиальная схема расходомера

имеет шток 8, конец которого через уплотнение 9 выведен к системе измерения 10. В верхней части цилиндрического стакана 2 выполнены дополнительные щели 11 для пропуска большого количества воздуха при зарядке тормозной системы и отпуске тормоза.

Основные параметры расходомера – вес поршня со штоком, диаметр штока и площадь поршня, а также длина и ширина щелей в стакане расходомера – рассчитываются при проектировании прибора для подвижного состава различного назначения.

3.7 Краны машиниста западноевропейских железных дорог

В Западной Европе в большинстве случаев конструирование и усовершенствование приборов управления тормозами сосредоточивается на заводах, производящих воздухораспределители. Так, были созданы различные типы кранов машиниста Knorr, Oerlikon и др.

Требования к тормозным системам изложены в памятках UIC (МСЖД). Допущенные к применению тормозные системы западноевропейских компаний не в полной мере соответствуют требованиям железных дорог бывшего СССР. Они хуже работают в суровых климатических условиях, не имеют возможности бесступенчатого отпуска, отличаются по методам испытаний и нормативам зарядных давлений.

В отличие от кранов машиниста № 394 (395), позволяющих производить разрядку тормозной магистрали на различную величину, в зависимости от времени выдержки ручки в положении V, у рассматриваемых кранов машиниста решающее значение в процессе управления тормозами поезда имеют положения II и III ручки, а также установка ее в секторе IV между III и V положениями. Здесь имеется девять фиксированных позиций, которые авто-

матически обеспечивают различную величину разрядки тормозной магистрали в зависимости от угла поворота ручки. Одновременно фиксируется положение перекрыши с питанием. Положение I служит для отключения тормозной магистрали от питающей системы, а в положении V происходит её экстренная разрядка. Фиксированные тормозные позиции позволяют упростить обслуживание крана машиниста при ведении поезда.

В настоящее время вновь строящиеся вагоны грузового типа в Западной Европе предназначены для движения со скоростью 100 км/ч в режиме *S* и 120 км/ч – в режиме *SS*, поэтому к тормозному оборудованию предъявляются повышенные требования.

Кран машиниста Knorr D2 (рисунок 3.33) устанавливается на поездных локомотивах грузовых, пассажирских и скорых поездов.

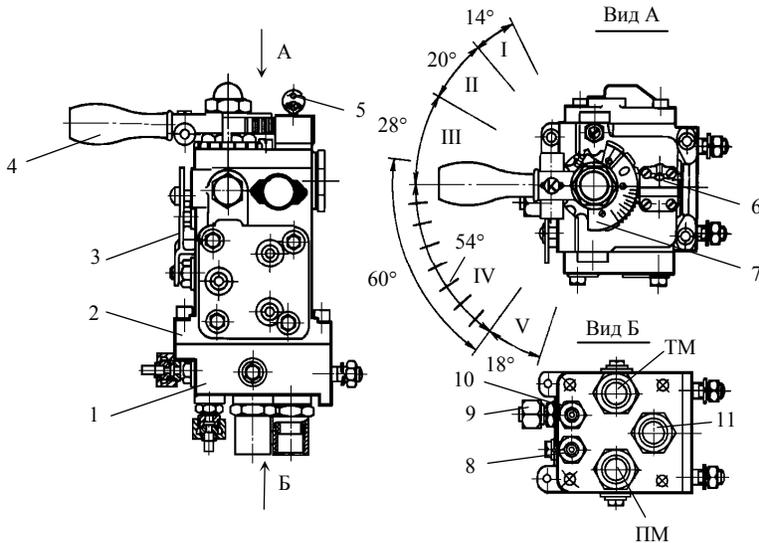


Рисунок 3.33 – Кран машиниста Кногг D2

В каждом выбранном положении ручки 4 крана величина давления в тормозной магистрали устанавливается автоматически и зависит от усилия пружин и диаметра диафрагменных элементов, то есть кран относится к типу самоперекрывающихся. Нормальная величина зарядного давления в магистрали западноевропейских поездов составляет 0,5 МПа (5,0 кгс/см²). Кран машиниста Кногг D2 может создавать толчки высоким давлением, то есть осуществлять перезарядку для более быстрого отпуска тормозов. Ручной привод 3 предназначен для открытия клапана сверхзарядки.

Корпус 2 крана закреплен на кронштейне 1, к которому подведены трубопроводы от питательной ПМ и тормозной ТМ магистрали, а также труба 8 от уравнивающего резервуара, имеющего объем 5 л, труба 10 от резервуара задатчика времени объемом 25 л и атмосферный канал 11. Манометр резервуара задатчика времени присоединяется к штуцеру 9. Положения ручки 4 крана указаны на специальном сегменте 7 с помощью светящейся краски. Они фиксируются защелкой 6 с блокировочным ключом 5.

Схема устройства и действия крана машиниста Кнопг D2 современной конструкции, основанной на диафрагменных элементах и грибковых клапанах, представлена на рисунке 3.34.

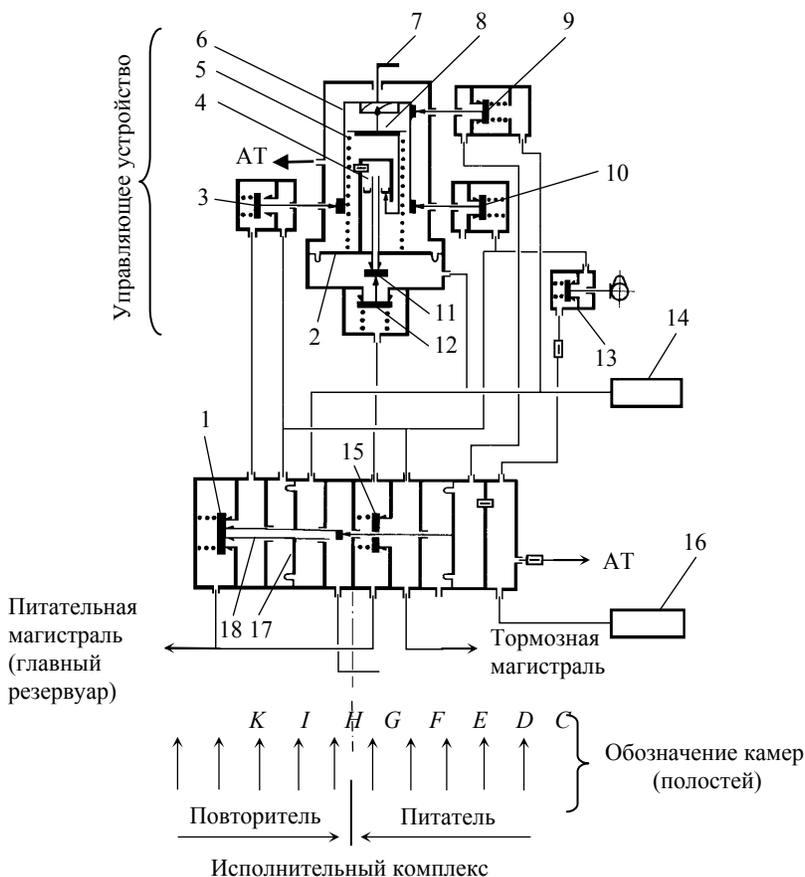


Рисунок 3.34 – Схема устройства и действия крана машиниста Кнопг D2

В кране машиниста выделяются два главных устройства: управляющее (задающее) и исполнительное.

В *управляющем устройстве* находится ручка управления 7, жестко связанная с втулкой 6, на которой размещены внутренние кулачки, взаимодействующие с толкателями клапанов 3, 9 и 10. Клапаны предназначены:

- для инициирования ударной волны сжатого воздуха в тормозной магистрали в процессе срабатывания тормозов в длинносоставных поездах;
- соединения и разъединения каналов и камер исполнительного устройства;
- экстренного включения тормозов в случае аварии.

Во втулке 6 установлена пружина 5, которая одним концом опирается на опорную плиту 8, а другим – на плоскую шайбу диафрагмы 2. Толкатель опорной плиты пружины взаимодействует с подкладкой во втулке 6, имеющей такой профиль, что во время поворота рукоятки изменяется сила сжатия пружины. По оси диафрагмы 2 расположен канал, заканчивающийся подвижным гнездом клапана 11, а также клапан 12. Внутри втулки 6 размещен блок элементов, которые вместе с режимной пружиной 5 частично выполняют роль стабилизатора давления в магистрали. При повороте ручки 7 крана по часовой стрелке нажатие режимной пружины 5 возрастает.

Исполнительный комплекс состоит из двух клапанно-диафрагменных устройств – повторителя сигналов и питателя. Десять камер А–К комплекса связаны с главным резервуаром, тормозной магистралью, атмосферой, а также с уравнительным резервуаром 14 и резервуаром времени 16 (управляющий резервуар).

В кране машиниста D2 не выделен особо стабилизатор давления, как это имеет место в кранах МТЗ 222 и № 394(395). Задание стабилизатора выполняют отдельные узлы в управляющем устройстве и исполнительном комплексе. Зарядное давление в тормозной магистрали устанавливается с помощью установочного винта, регулирующего усилие предварительного сжатия пружины в блоке 13. При повороте ручки крана в диапазоне IV служебного торможения против часовой стрелки происходит уменьшение силы сжатия пружины 5 регулятора и соответственно уменьшается давление под диафрагмой 2 и в тормозной магистрали.

Между камерой К повторителя, связанной с главным резервуаром, и камерой D, связанной с тормозной магистралью, находится клапан 1.

Ручка крана машиниста имеет 13 положений, определяющих функциональное состояние тормоза поезда. В п о л о ж е н и и I главный резервуар соединяется с тормозной магистралью, и тормозная система питается сжатым воздухом, происходит нарастание давления в магистрали и отпуск тормозов поезда. При этом с помощью кулачков, расположенных на втулке управления 6, открываются клапаны 3 и 9. Усилием пружины 5 прогибается

диафрагма 2 и закрывается клапан 11. Сжатый воздух из главных резервуаров через камеру Е и открывшийся клапан 15 поступает в камеру D и далее в тормозную магистраль. Одновременно идет зарядка управляющего резервуара 16 и уравнительного резервуара 14, который заряжается до давления 0,5 МПа. Пока ручка крана находится в положении I, тормозная магистраль будет наполняться сжатым воздухом из главных резервуаров, в результате может произойти перезарядка. Для определения длительности повышения давления в I положении действует правило $t = 0,1n$ секунд, где t – время, а n – число осей в поезде. При отпуске ручки она под воздействием пружины переходит в положение II.

В п о л о ж е н и и II (поездном) происходит подпитка тормозной магистрали из главных резервуаров через регулятор давления. Благодаря этому поддерживается постоянное рабочее давление в тормозной системе, несмотря на имеющиеся в ней утечки, и тормоз готов к действию.

Поскольку клапан 9 закрывается, то прекращается питание резервуара задатчика времени 16, и давление в нем снижается темпом мягкости благодаря утечке воздуха в атмосферу через камеру А. Ликвидация сверхзарядного давления происходит темпом 0,05 МПа за 10 мин.

Давление в уравнительном резервуаре 14 определяется усилием пружины 5 в управляющем (задающем) устройстве, а в тормозной магистрали – работой клапанов 1 и 13.

Поддержание необходимого постоянного рабочего давления в тормозной магистрали на уровне $p_m = \pm 0,005$ МПа в положении II ручки крана машиниста обеспечивает повторитель. Ввиду утечек воздуха из тормозной системы давление в магистрали и связанных с ней камерах питателя и повторителя снижается. Диафрагма 1 в повторителе перемещается под давлением со стороны камеры G, связанной с уравнительным резервуаром 14. Клапан 1 открывается, и воздух из главного резервуара пополняет утечки в тормозной магистрали. В момент, когда давление в камере E сравняется с давлением в уравнительном резервуаре 14, клапан 1 в повторителе закрывается. Таким образом, повторитель выполняет функцию стабилизатора рабочего давления, если наступит понижение давления в магистрали, вызванное неплотностью тормозной системы.

Наполнение тормозной магистрали сжатым воздухом может быть ускорено с помощью ручного прижима 13, размещенного на канале, ведущем от клапана 10 в камеру А питателя. Открытие этого канала вручную позволяет полностью или частично наполнить сжатым воздухом управляющий резервуар 16 и полость В, благодаря чему откроется клапан 15.

Снижение чрезмерного давления до нормального зарядного происходит автоматически.

В положении III происходит прекращение всех соединений между пневматическими объемами, то есть обеспечивается перекрыша без питания.

Дальнейшие положения ручки крана предназначены для скачкового изменения уменьшающегося (ручка против часовой стрелки) давления в тормозной магистрали и соответственно возрастающего давления в тормозных цилиндрах и увеличивающейся тормозной силы поезда.

Ступенчатое торможение. При повороте ручки против часовой стрелки в диапазоне IV–XII положений усилие пружины 5 уменьшается. Под давлением из уравнительного резервуара 14 диафрагма 2 поднимается и сжатый воздух из полости под диафрагмой и уравнительного резервуара 14 и полости G через открывшийся клапан 11 и осевой канал в толкателе поступает в камеру 4, а оттуда через пневматическое сопротивление – в атмосферу. Снижение давления в уравнительном резервуаре 14 и связанной с ним камере G повторителя происходит до тех пор, пока нажатие режимной пружины 5 на диафрагму 2 сверху и давление воздуха из резервуара 14 снизу не выравниваются, что приведет к закрытию осевого канала клапаном 11. Вследствие снижения давления в полости G диафрагма 17 со штоком 18 прогибается вправо. Через осевой канал, выполненный в штоке, полость G сообщается с атмосферой через полость F. Одновременно с атмосферой сообщаются полость H через клапан 3 и тормозная магистраль через полость D, открытый клапан 3, осевой канал в штоке 18 и полость F. Когда в тормозной магистрали и полости H установится такое же давление, как и в резервуаре 14, диафрагма 17 прогнется влево, и осевой канал в штоке 18 закроется клапаном 1. Величина давления в уравнительном резервуаре 14 определяется усилием режимной пружины 5 и положением ручки 7 крана машиниста. Фиксированная позиция в положении IV обозначена широким пазом, и давление в тормозной магистрали при этом составляет 0,46 МПа (4,6 кгс/см²), а в V и каждом последующем – на 0,015 меньше предыдущего. Соответственно возрастает давление в тормозных цилиндрах.

Последняя порция служебного торможения дает давление в тормозной магистрали $p_{XII} = 0,34_{-0,02}$ МПа.

Перемещение ручки крана против часовой стрелки между положениями IV и XII уменьшает силу нажатия пружины 5 во втулке 6. Под влиянием давления в уравнительном резервуаре 14 диафрагма 2 оказывается приподнятой, а клапан 11 – открытым. Сжатый воздух из полости 4 медленным темпом поступает через пневматическое сопротивление в полость над диафрагмой, а из нее – в атмосферу.

Ступенчатый отпуск. При обратном повороте ручки по часовой стрелке происходит увеличение силы нажатия режимной пружины, диафрагма 2 прогибается вниз, открывается клапан 12 и воздух из главных

резервуаров через полость *E* поступает в уравнильный резервуар 14 и в камеру *G*. Диафрагма 17 повторителя, отклоняясь влево, открывает клапан 1, который сообщает через открытый клапан 3 и полость *D* главный резервуар с тормозной магистралью. В полости *H* установится такое же давление, как и в магистрали, создавая противодействие на диафрагму 17, что приведет к закрытию клапана 1, когда давление в резервуаре 14 и полости *H* сравняется. Давление в тормозной магистрали поддерживается постоянным, пока ручка крана машиниста находится в одном из положений ступенчатого торможения или отпуска.

П о л н ы й о т п у с к тормоза и интенсивная зарядка тормозной магистрали производятся I положением ручки крана. Воздух из питательной магистрали поступает через клапан сверхзарядки 15. Перевод ручки приводит к соответствующему повороту кулачковой втулки 6. В результате происходят следующие перемещения элементов крана:

- кулачки через толкатели открывают клапаны 3 и 9;
- режимная пружина 5 сжимается и через шток диафрагмы 2 открывает клапан 12 в канале, ведущем через камеру *E* питателя в главные резервуары. В результате сжатый воздух поступает через клапан 12 в уравнильный резервуар 14 и камеру *G* повторителя. Повышение давления в этой камере приводит к прогибу диафрагмы 17 и открытию клапана 1, через него и открытый клапан 3 воздух перетекает в камеру *D* и тормозную магистраль, а также в камеру *H*.

Пополнение уравнильного резервуара происходит из камеры *E* через открытый клапан 12. Когда усилие режимной пружины, давление в резервуаре 14 и под диафрагмой 2 выравниваются, наступает перекрыша, поскольку одновременно выравнивается и давление в камерах *H* и *G*, и диафрагма 17, перемещаясь вправо, приведет к закрытию клапана 1.

Э к с т р е н н о е т о р м о ж е н и е происходит при перемещении ручки 7 крана машиниста в положение XIII. При этом воздух через клапан 10 широкими каналами выходит из тормозной магистрали в атмосферу.

Кран машиниста Oerlicon. Схема крана машиниста Oerlicon FV 4a представлена на рисунке 3.35. В состав крана входят управляющее и исполнительное устройства, а также устройство для создания в тормозной магистрали сверхзарядного давления или ее экстренной разрядки. Кроме того, имеются дополнительные клапаны, предназначенные для питания: тормозной магистрали (клапан 6), резервуара задержки (9), резервуара повышенного давления (7). При экстренном торможении разрядка магистрали осуществляется клапаном 5. Все клапаны приводятся в действие с помощью втулки 3, связанной с рукояткой управления 4. Пружина 2, размещенная внутри втулки, нажимает на шайбу диафрагмы 1, находящейся в состоянии равнове-

сия благодаря действию пружины сверху и сжатого воздуха снизу из управляющего резервуара 20. Камера под диафрагмой 1 сообщается с камерой 15 исполнительного устройства, состоящего из шести пневматических камер. Комплект из двух диафрагм устройства управляет питательным клапаном 11, находящимся в канале, ведущем от главных резервуаров ГР к тормозной магистрали ТМ, а также выпускным клапаном 12 из тормозной магистрали в атмосферу. Клапан 12 имеет подвижное гнездо, связанное с просверленным каналом в штоке. На штоке закреплены неподвижно две диафрагмы: одна, разделяющая камеры 14 и 15, и другая, разделяющая камеры 16 и 17. Выход из тормозной магистрали в атмосферу ведет через камеру 16, полый шток, камеру 13 и клапан 6 питания тормозной магистрали. Камеру 17 исполнительного устройства воздушный канал соединяет с устройством, предназначенным для инициирования ударного давления сжатого воздуха в тормозной магистрали поезда при ее разрядке.

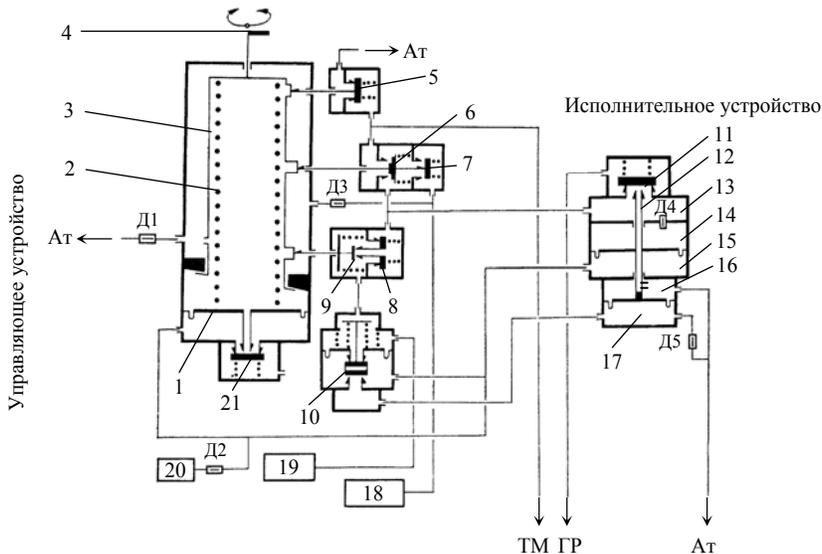


Рисунок 3.35 – Схема устройства и действия крана машиниста Oerlicon FV 4a

Ручка крана машиниста имеет тринадцать положений, которые выполняют в тормозной системе следующие функции:

- I – управление тормозами в случае следования локомотива двойной тягой;
- II – наполнение тормозной системы сжатым воздухом и выключение тормозов поезда (зарядка и отпуск);

III – рабочая готовность тормозов поезда (поездное);

IV – включение тормозов поезда с получением максимальной величины давления в тормозном цилиндре;

V – экстренное торможение.

В промежутке между положениями III и IV расположено восемь фиксированных положений и происходит управление ступенчатым изменением давления в тормозной магистрали и, соответственно, в тормозных цилиндрах поезда.

Во время оборота ручки крана машиниста нижний обрез втулки 3 перемещается по винтовой поверхности корпуса. Движение по часовой стрелке вызывает осевое перемещение втулки с одновременным сжатием пружины 2 и увеличением силы, действующей на диафрагму 1.

В положении III ручки крана сила пружины уравнивается действием диафрагмы, подпираемой сжатым воздухом. В камере 15 исполнительного устройства такое же давление, как и под диафрагмой 1 и в камере управляющего устройства.

Падение давления в камере 14, вызванное утечками воздуха из тормозной магистрали, ведет к нарушению равновесия комплекта диафрагм, появлению осевой силы и, после преодоления сопротивления пружины, открытию клапана питания 11. Связь камеры 14 с тормозной магистралью осуществляется благодаря дроссельному отверстию, размещенному в жесткой стенке, отделяющей камеру 14 от камеры 13. Перетекание воздуха из главного резервуара в тормозную магистраль прекращается в момент создания прежней величины давления в камере 13 и связанной с ней камере 14.

В этот период исполнительное устройство действует как повторитель, создавая на выходе, то есть в камере 13, давление сжатого воздуха, равное давлению, полученному на входе в камере 15. Для стабилизации рабочего давления в тормозной магистрали в III положении ручки исполнительное устройство крана обеспечивает величину давления, равную давлению, полученному управляющим устройством, и зависящую от величины сжатия пружины 2. Величина давления в магистрали будет пропорциональна стреле прогиба f и жесткости C пружины и обратно пропорциональна площади S_T поверхности диафрагмы 1:

$$p_m = \frac{C}{S_T} f = kf,$$

где $k = C/S_T = \text{const}$ для данного конструктивного решения.

Перемещение ручки крана из положения III в направлении положения IV вызывает осевое перемещение втулки 3 с одновременной разгрузкой пружин-

ны 2 и диафрагмы 1. Диафрагма оказывается поднятой под давлением сжатого воздуха, открывая выпускной канал из камеры под диафрагмой 1 в атмосферу через отверстие в стакане 3 и пневматическое сопротивление – дроссель Д1. Это способствует понижению давления в камере 15 исполнительного устройства и перемещению комплекта диафрагм вниз с открытием выпускного клапана 12 из тормозной магистрали в атмосферу через высверленный шток и камеру 16. Вытекание воздуха продолжается до момента достижения равенства давления в магистрали с давлением, установленным в камере 15 исполнительного устройства. Устанавливая ручку крана машиниста в положениях, более близких к положению IV, можно получить скачкообразное понижение величины давления в тормозной магистрали до наименьшей величины 0,34 МПа и соответствующее возрастание давления в тормозных цилиндрах поезда.

Во время вращения ручки крана в противоположном направлении по часовой стрелке из положения IV в положение III пружина 2 будет сжиматься. Под действием растущей силы пружины диафрагма с помощью штока открывает клапан 21 в канале, проходящем от главного резервуара в камеру под диафрагмой, уравнивательный резервуар 20 и камеру 15 исполнительного устройства. Увеличение давления в камере 15 вызывает перемещение комплекта диафрагм, открытие выпускного клапана 11 и канала для перетекания воздуха из главного резервуара в тормозную магистраль через клапан 6.

От угла поворота ручки крана машиниста зависит глубина разрядки тормозной магистрали и реакция воздухораспределителей на разрядку, а также соответствующая величина снижения давления в тормозных цилиндрах. Во время всех этих действий открытым является клапан 6 питания тормозной магистрали и клапан 9 питания управляющего резервуара 19. Благодаря этому в диафрагменной камере устройства сверхзарядного давления, связанной с управляющим резервуаром 19, поддерживается давление тормозной магистрали, которое держит в запертом состоянии оба клапана 10 (верх-низ) этого устройства.

Завышенное сверхзарядное давление во II положении ручки, превышающее зарядное примерно на 0,2 МПа, имеет целью усиление сигнала на отпуск тормозов поезда благодаря быстрому питанию тормозной магистрали большим количеством сжатого воздуха. После этого в положении II ручки крана машиниста происходит питание тормозной магистрали завышенным давлением 0,54 МПа. После перестановки ручки в положение III рабочей готовности тормоза происходит постепенная ликвидация сверхзарядки в тормозной магистрали.

На рисунке 3.36 представлен характер изменения давления на входе в тормозную магистраль, который реализован описанным способом с помощью

устройств сверхзарядки и поддержания завышенного давления. Устройство сверхзарядки давления состоит из следующих элементов:

- комплекта клапанов 10, действующего от пневматического сигнала, инициированного клапаном 8, который открывается механически при повороте ручки крана машиниста;
- резервуара управляющего (задержки) 19.

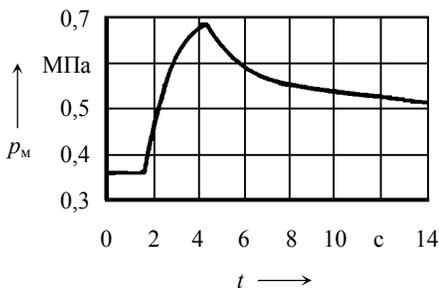


Рисунок 3.36 – Характер изменения давления на входе в тормозную магистраль

В состав устройства завышенного давления входит клапан 7, приводимый в действие кулачком задающего устройства, резервуар сверхдавления 18 и пневматическое сопротивление ДЗ.

При установке ручки в положение III кулачковый вал уменьшает нажатие на шток клапанов 6, 7, и они закрываются. Связь с тормозной магистралью оказывается прерванной, но струя сжатого воздуха продолжает перетекать из главного резервуара в пространство над диафрагмой 1 задающего устройства, а оттуда, через пневмосопротивление Д1 – в атмосферу. Величина давления над диафрагмой постепенно понижается, а реакцией на это является открытие выпускного клапана и соответствующее снижение давления в камере под диафрагмой 1, в уравнительном резервуаре 20 и в камере 15. Исполнительное устройство повторяет процесс медленного снижения сверхдавления в тормозной магистрали до величины рабочего давления. Ход этого процесса запрограммирован таким образом, чтобы не наступило превышение чувствительности воздухораспределителя.

Приборы управления тормозами автономных единиц подвижного состава. Для приведения в действие тормозов только локомотива, различных путевых машин или коротких поездов применяются более простые краны машиниста. Они, как правило, устанавливаются на мотовозах, маневровых тяговых единицах, машинах, предназначенных для ремонта железнодорожных путей, и др.

Распространение получили краны Fb-11 фирмы Кногг-Bremse для самостоятельных экипажей подвижного состава и коротких поездов, которые управление тормозами осуществляют понижением и повышением давления в тормозной магистрали, и краны Zb-01, Zb-03, ... Zb-05, непосредственно из-

меняющие давление в тормозных цилиндрах. Они отличаются простотой конструкции и небольшой собственной массой.

Кран машиниста Fb-11 имеет три фиксированных положения (II – поездное, III – перекрыша и V – полное торможение). Служебное торможение осуществляется переводом ручки на 8° от положения перекрыши в сторону положения V – полного торможения. Глубина разрядки тормозной магистрали темпом служебного торможения зависит от времени выдержки ручки в этом положении. При отпуске ручки она автоматически возвращается в положение III – перекрыши.

Полное торможение осуществляется разрядкой тормозной магистрали при постановке ручки крана в фиксированное положение V. Снижение давления в тормозной магистрали от 0,5 до 0,05 МПа, в зависимости от ее объема, происходит за 9,5–15 с.

Ступенчатый отпуск тормоза происходит при перемещении ручки крана на 8° в сторону поездного положения II. При этом заряжается тормозная магистраль, и воздухораспределитель понижает давление в тормозном цилиндре. Глубина отпуска зависит от времени выдержки ручки в данном положении, то есть величины повышения давления в тормозной магистрали. При отпуске ручки она автоматически возвращается в положение перекрыши – III. При постановке ручки во II фиксированное положение автоматически осуществляется полный отпуск тормоза и повышение давления в тормозной магистрали до давления 0,45 МПа за 5,5–9,5 с. Максимальная величина давления, подводимого к крану, регулируется на 0,5 МПа.

Краны серии Zb прямодействующего типа состоят из золотниковой системы, ручки управления и отпускового клапана. Кран Zb-01 имеет три положения ручки: *A* – поездное и перекрыша, *B* – торможение, *L* – отпуск тормоза. У крана Zb-03 дополнительно предусмотрено положение *VB*, в котором ручка фиксируется в положении полного служебного торможения, у крана Zb-04 имеется фиксированное положение *VL*, в котором производится полный отпуск тормоза. Кран Zb-05 имеет фиксированные положения *VB* и *VL*.

На рисунке 3.37 показана принципиальная схема крана Zb-03. Ручка крана находится в положении перекрыши – *A*. При торможении (положение *VB* и *B*) воздух из питательной магистрали через кран поступает в тормозной цилиндр. Чтобы давление в цилиндрах не превысило установленной величины 0,38 МПа, перед краном устанавливается редуктор. При достижении необходимой величины давления в тормозных цилиндрах ручка 1 крана отпускается и автоматически переходит в положение перекрыши – *A*. В этом положении шток золотника 3 силой пружины 2 прижат к диску клапана 4, в результате чего происходит отсоединение тормозного цилиндра ТЦ от атмосферы Ат. Силой пружины 5 диск клапана 4 прижимается к седлу большего

диаметра, так что воздух по каналу резервуара ГР не поступает к тормозному цилиндру ТЦ.

При торможении, в положении *B* ручки крана, открывается клапан 4 и сжатый воздух поступает в тормозной цилиндр из главного резервуара по каналу ГР. Одновременно отпусковой канал переключается клапаном 6.

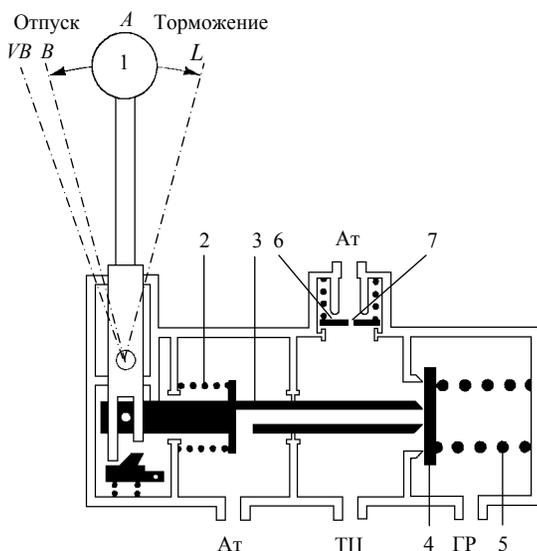


Рисунок 3.37 – Принципиальная схема крана Zb-03

По достижении необходимой величины давления в тормозном цилиндре ручка отпускается и автоматически, усиленным пружиной 5, переводится в положение перекрыши *A*.

При переводе ручки в положение отпуска *L* шток золотника 3 отходит от диска клапана 4, и тормозной цилиндр через канал ТЦ и полость в штоке 3 сообщается с атмосферой.

В случае неплотного прилегания диска клапана 4 к торцу штока и пропуска воздуха в тормозной цилиндр лишний

воздух будет выходить в атмосферу через отверстие в диске 7 перепускного клапана.

Краны Zb-04 и Zb-05 не имеют перепускного клапана, так как его роль оказалась несущественной в связи с тем, что на пути воздуха из главного резервуара стоит редуктор, понижающий давление до 0,38 МПа.

Кран FD1 тормоза локомотива. Современные краны машиниста системы Oerlikon, применяемые для управления тормозами локомотивов подобно кранам № 254, обладают частичной автоматичностью действия. Величина давления в тормозных цилиндрах зависит от угла отклонения ручки крана от нулевого положения, а не от времени выдержки ее в положении наполнения или опораживания тормозных цилиндров.

Схема устройства крана FD1 представлена на рисунке 3.38. В кране применяются два нагруженных пружинами клапана – входной и выходной. Входной клапан, ведущий в тормозной цилиндр, имеет неподвижное гнездо 1,

а выходной – подвижное гнездо 2, связанное с каналом, ведущим в атмосферу. Канал выполнен в штоке диафрагмы 3. Диафрагма может отклоняться вверх под давлением сжатого воздуха в камере 4. Препятствует ее перемещению усилие пружины 5, которое регулируется положением ручки 6 крана.

Поворот ручки против часовой стрелки приводит к сжатию пружины и увеличению силы, действующей на диск диафрагмы. Диафрагма, прогибаясь вниз, штоком 2 открывает входной клапан, и воздух из главных резервуаров поступает в тормозные цилиндры. Одновременно через калиброванное отверстие воздух поступает под диафрагму. Когда давление воздуха снизу на диафрагму преодолевает усилие пружины 3, клапан закрывает гнездо 1.

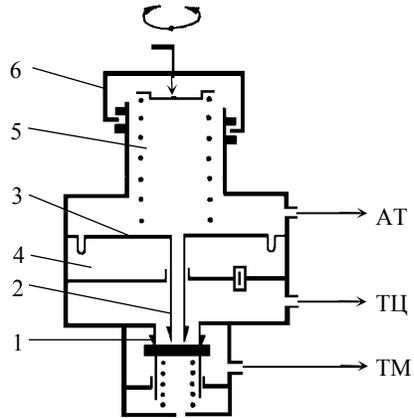


Рисунок 3.38 – Схема устройства крана машиниста FD1 системы Oerlikon

Поворот ручки по часовой стрелке приводит к уменьшению силы нажатия пружины, действующей на диафрагму, которая прогибается вверх под давлением сжатого воздуха. В результате открывается осевой канал в подвижном гнезде 2, связанном с атмосферой, и давление в тормозных цилиндрах уменьшается.

В настоящее время все большее распространение на современных локомотивах получают краны машиниста с дистанционным управлением Knorr-Bremse или Faiveley, которые планируется применять на электровозах HXD2 производства КНР для Белорусской железной дороги.

4 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ТОРМОЗОВ – ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

4.1 Общие сведения и технические требования

К исполнительным приборам тормозов относятся воздухораспределители, управляющие давлением сжатого воздуха в тормозных цилиндрах. Более точно можно дать определение воздухораспределителю как прибору в автоматическом тормозе, предназначенному для зарядки запасных резервуаров и других рабочих объемов сжатым воздухом при подготовке тормоза к действию, наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом при торможении и опоражнивания их при отпуске, в соответствии с повышением или понижением давления в тормозной магистрали.

Для этой цели в воздухораспределителе служит система клапанов, объемов для накопления воздуха и отверстий, размещенных в одном или нескольких корпусах. В воздухораспределителе имеется также чувствительный орган, реагирующий на изменение давления в тормозной магистрали определенным темпом и управляющий открытием и закрытием соответствующих клапанов. Эту функцию могут выполнять резиновые или металлические мембраны (диафрагмы) или поршни.

Одним из первых типов воздухораспределителей, сработавших при понижении давления в тормозной магистрали поезда, был прибор Д. Вестингауза, который появился в 1868 г. В 1872 г. его заменил более совершенный воздухораспределитель типа W (рисунок 4.1), который послужил образцом для ряда конструкций пассажирских воздухораспределителей, применяемых и в настоящее время. Несмотря на различные изменения внешней формы и внутренней структуры устройств, входящих в состав первого воздухораспределителя, общий принцип его работы не изменился и продолжает широко использоваться в современных тормозных приборах.

Для получения в разных фазах действия (торможение, перекрыша, отпуск) соответствующих соединений между тормозными объемами в приборе типа W используются четыре клапана: впускной и выпускной тормозного цилиндра; фиксации давления в тормозном цилиндре и питания запасного резервуара.

В корпусе 5 вмонтирована золотниковая втулка 6 и втулка 8 магистрального поршня 9. Корпус замкнут с одной стороны крышкой 4, а с другой – конденсационной камерой 10 с очистной пробкой 11 и имеет три прилива с каналами, связывающими воздухораспределитель с тормозной магистралью,

запасным резервуаром и тормозным цилиндром. К основным элементам прибора принадлежат поршень 9 с хвостовиком 3 и золотник 2 с лепестковой фигурной нажимной пружиной 7. Золотник перемещается по зеркалу 1 золотника.

На рисунках кольцевыми обводками обозначены четыре клапана распределителя: впускной, выпускной, питательный и ограничитель давления. Клапан ограничителя давления – грибового типа, остальные – золотникового.

Гнездом впускного и выпускного клапанов является зеркало золотника, а роль клапана выполняет поверхность золотника. Гнездо грибового клапана размещено в золотнике. Клапан связан толкателем с хвостовиком 3 поршня 9, выполненным в виде рамки, передвигающей золотник. Функцию гнезда клапана питания запасного резервуара выполняет втулка поршня, в которой выфрезерован канал для подачи сжатого воздуха из тормозной магистрали в запасный резервуар.

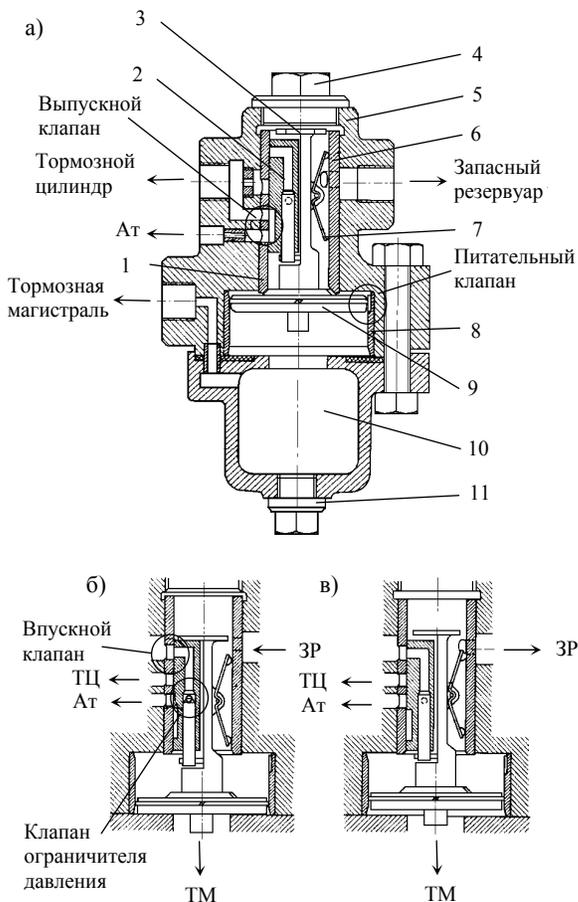


Рисунок 4.1 – Воздухораспределитель W:
 а – готовность к работе (положение отпуска);
 б – наполнение тормозного цилиндра;
 в – перекрыша

В 1889 г. был разработан воздухораспределитель типа W с ускорителем тормозной волны. С небольшими изменениями этот прибор под названием

скоростной тройной клапан № 218 и 219 устанавливался на пассажирских вагонах и локомотивах в СССР до 1959 г. После прекращения производства воздухораспределителей системы Вестингауза выпускались приборы № 292-001, а позднее – № 292М системы Матросова, по принципу действия и конструкции во многом подобные воздухораспределителям типа W. Система подключения и крепления приборов № 292-001, 292М и W (рисунок 4.2) одинакова и позволяет без проблем производить замену их на подвижном составе.

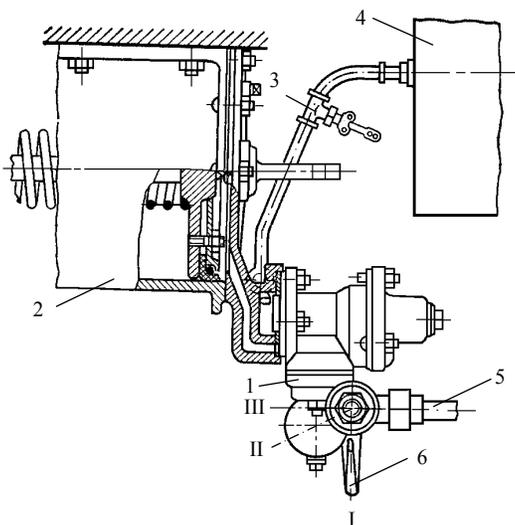


Рисунок 4.2 – Схема тормозного пневматического оборудования пассажирского вагона со скоростным тройным клапаном:

- 1 – воздухораспределитель;
- 2 – тормозной цилиндр;
- 3 – кран разрядки тормоза;
- 4 – запасный резервуар;
- 5 – подводящая труба от тормозной магистрали;
- 6 – разобщительный кран;
- I – ускоритель включен;
- II – тройной клапан выключен;
- III – ускоритель выключен

Приборы серии 292 до настоящего времени являются основным типом воздухораспределителей, работающих на пассажирских вагонах и локомотивах в комплекте с электровоздухораспределителем № 305.

Перевод грузовых поездов в СССР на автоматическое торможение в основном был завершен в 1934 г. В то время применялись тормозные приборы Д. Вестингауза (K_2), Ф. П. Казанцева (АП-1, К). На вагонах американской постройки применялись воздухораспределители Д. Вестингауза типа АВ. Все эти приборы однорежимные, то есть давление в тормозном цилиндре одинаково при любой загрузке вагона. Воздухораспределители Ф. П. Казанцева – клапанно-диафрагменной конструкции, остальные – золотниково-поршневые.

С 1930 г. начали применяться воздухораспределители М-320, который устанавливался на грузовых вагонах постройки до 1953 г., и МТЗ-135, который был снят с производства в 1960 г. Одним из достоинств этих приборов

И. К. Матросова была возможность переключения грузовых режимов в зависимости от загрузки вагона, изменения величины давления в тормозных цилиндрах при переключениях на порожний и груженный режимы торможения.

Впервые система с двумя режимами отпуска – «равнинным» (бесступенчатым) и «горным» (ступенчатым) – была реализована с воздухораспределителем МТЗ-135 в 1953 г. Горный режим используется, главным образом, на дорогах с профилем пути 18 ‰ и больше.

Тормозная система грузовых поездов в США, Канаде, Мексике по единым требованиям Американских железных дорог (AAR) имеет один режим отпуска – бесступенчатый полный, который происходит при повышении давления в тормозной магистрали на 0,02–0,03 МПа после торможения и перекрыши.

В странах Западной Европы применяются тормоза, имеющие режим многоступенчатого отпуска. Полный отпуск и готовность тормоза к следующему торможению достигается в том случае, когда давление в тормозной магистрали повышается до величины 0,485 МПа при зарядном давлении в ней 0,5 МПа.

В 1959 г. начат выпуск воздухораспределителей И. К. Матросова № 270-002, открывших серию приборов, применяемых и в настоящее время и отличающихся друг от друга конструкцией магистральной части: 1968 г. – 270-005, 1976 г. – 483, затем 483А, 483М, 483М-01, 483Л и ряд других. Кроме того, выпускались воздухораспределители жесткого типа № 388, 498.

Все эти приборы можно переключить на порожний, средний и груженный режимы. Ряд воздухораспределителей (№ 483А-010, 483М-010, 483Л-010) имеют магистральную часть, выполненную в алюминиевом корпусе.

Приборы 483Л и 483Л-010 предназначены для оснащения грузопассажирских локомотивов.

В настоящее время в концепции воздухораспределителя должны быть предусмотрены:

1 Автоматичность действия, то есть срабатывание тормозов при понижении давления в тормозной магистрали.

2 Повышение скорости распространения тормозной волны. При пневматическом управлении тормозами должна быть реализована скорость тормозной волны, практически равная скорости звука в воздухе.

3 Одновременность наполнения тормозных цилиндров и одинаковый темп повышения давления в них по длине поезда для уменьшения продольно-динамических усилий в поезде. Это достигается за счет различного темпа разрядки тормозной магистрали по длине поезда, выдержки определенного времени наполнения тормозных цилиндров (замедление наполнения цилиндров в голове поезда и ускорение в хвостовой части) и дополнительной раз-

рядки тормозной магистрали при всех ступенях и полном служебном торможении.

4 Одновременный отпуск тормозов в поезде за счет задержки наполнения золотниковой камеры воздухораспределителей головных вагонов на время распространения отпускной волны к хвосту поезда.

5 Неистощимость воздухораспределителей, обеспечивающая поддержание давления в тормозных цилиндрах при утечках воздуха из них и рабочей камеры.

6 Свойства мягкости воздухораспределителя, заключающегося в невозможности ступенчатого отпуска и несрабатывании при медленной разрядке.

7 Обеспечение ускоренной разрядки тормозной магистрали каждым воздухораспределителем при экстренном торможении (по крайней мере на величину разрядки при полном служебном торможении) и начального наполнения тормозных цилиндров непосредственно из тормозной магистрали.

8 Четкое срабатывание воздухораспределителей на торможение при снижении давления в тормозной магистрали темпом 0,36 МПа/мин (0,006 МПа/с) и быстрее и несрабатывание при темпе разрядки 0,03 МПа/мин (0,0005 МПа/с) и менее.

9 Обеспечение устойчивой ступени торможения при снижении давления в грузовом поезде на 0,06 МПа соответствующим темпом.

10 Сохранение работоспособности при зарядных давлениях от 0,3 до 0,8 МПа. В настоящее время грузовые приборы имеют рабочий диапазон давлений от 0,45 до 0,6 МПа.

На рисунке 4.3 приведены схемы, представляющие концепцию воздухо-распределителя, применяемого в настоящее время, как прибора, предназначенного для приведения в действие тормоза в зависимости от величины давления в тормозной магистрали поезда.

В состав тормоза вагона входит тормозная магистраль 1, соединенная с компрессорной установкой на локомотиве, запасный резервуар ЗР, тормозной цилиндр ТЦ и воздухораспределитель, представляющий собой блок управляющих элементов 2 и клапанов: тормозного 3, выпускного 4 и клапана 5 питания запасного резервуара ЗР, а при прямодействующем тормозе – осуществляющего питание тормозного цилиндра ТЦ и подпитку резервуара ЗР (рисунок 4.3, з). Клапан 5 играет роль обратного клапана, препятствующего перетеканию сжатого воздуха из резервуара ЗР обратно в магистраль ТМ при снижении в ней давления. Блок управляющих элементов 2 может быть поршневого или диафрагменного типа, а клапанное устройство – золотниковое, грибкового или поршневого типа.

При поездном положении происходит отпуск тормоза соединением ТЦ с атмосферой и зарядка запасного резервуара из тормозной магистрали.

При торможении происходит снижение давления в магистрали ТМ, которое вызывает переключение клапанов: в тормозном цилиндре давление повышается за счет воздуха, поступающего из резервуара ЗР.

Величиной давления в ТЦ можно управлять, переключая воздухораспределитель в положение перекрыши. При этом в прямодействующем тормозе происходит подпитка запасного резервуара (см. рисунок 4.3, з).

Основные отличия в действии и характеристиках грузовых и пассажирских воздухораспределителей определяются разницей в длине и массе поездов, а также условиями технического обслуживания тормозов в поездах. Время срабатывания пассажирских воздухораспределителей, как правило, меньше, чем грузовых.

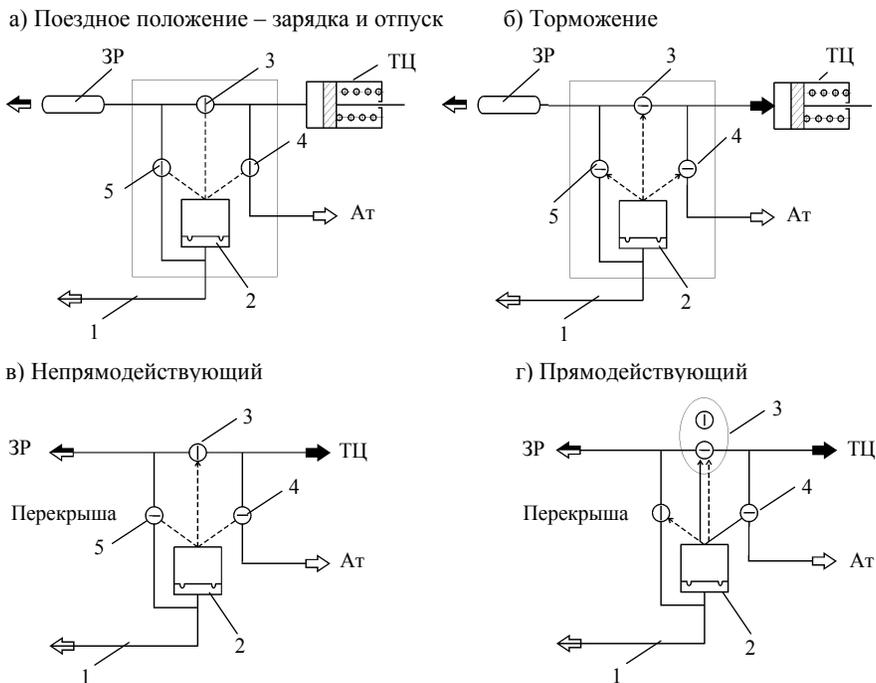
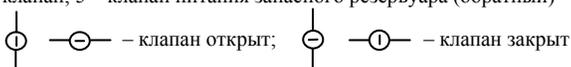


Рисунок 4.3 – Схема действия воздухораспределителя:

1 – тормозная магистраль; 2 – исполнительное устройство; 3 – тормозной клапан; 4 – выпускной клапан; 5 – клапан питания запасного резервуара (обратный)



---> — сигнал изменения положения клапана

4.2 Воздухораспределители пассажирских вагонов и локомотивов

Характерной особенностью пассажирского вагона является сравнительно небольшая разница между тарой и весом с пассажирами. Исключение составляют вагоны пригородных поездов, предназначенные для перевозок большого числа пассажиров. Локомотивы в рабочем состоянии имеют практически постоянный вес. Поэтому пассажирские воздухораспределители имеют один режим торможения, и давление в тормозных цилиндрах зависит только от ступени торможения. При полном служебном и экстренном торможениях максимальная величина давления в цилиндре составляет 0,38–0,4 МПа. Для этого ТМ разряжают на 0,13–0,15 МПа при ПСТ или больше при ЭТ.

Воздухораспределители работают при изменении давления сжатого воздуха в двух рабочих объемах – тормозной магистрали и запасном резервуаре, поэтому их относят к приборам двух давлений.

С 1959 г. применяются воздухораспределители № 292, взаимозаменяемые по привалочному фланцу с тройными клапанами. В этих приборах реализован процесс дополнительной разрядки ТМ в камеру объемом 1 л, что позволяет ускорить процесс срабатывания тормозов в поезде и сделать его более надежным. В настоящее время выпускаются воздухораспределители № 292М, отличающиеся конструкцией некоторых узлов.

Устройство воздухораспределителя. Прибор состоит из магистральной части, ускорителя экстренного торможения и крышки с камерой дополнительной разрядки (рисунок 4.4). Общая масса прибора около 21,0 кг.

В магистральной части имеются две соосные расточки разных диаметров и одна расточка, расположенная под углом 90° к оси прибора и предназначенная для размещения переключателя режимов 16. В расточке большого диаметра запрессована поршневая втулка 7, а в расточке меньшего диаметра – золотниковая втулка 4. Обе втулки и втулка переключателя режимов выполнены из бронзы, а магистральный поршень 6 с хвостовиком – из латуни. Уплотнительное кольцо поршня – бронзовое. В последних сериях воздухораспределителя устанавливают резиновое кольцо, обеспечивающее плотность с обеих сторон.

Золотниковая втулка имеет нижнюю плоскую поверхность, по которой может перемещаться магистральный золотник 2. Трущиеся поверхности втулки и золотника притерты друг к другу. Для обеспечения плотности прилегания притертых поверхностей на них наносят тонкий слой смазки ЖТ. К верхней поверхности золотника 2 притерт отсекательный золотник 5. В золотниках и в золотниковой втулке имеются каналы, которые при перемеще-

ниях могут совмещаться, соединяя различные объемы. Хвостовик магистрального поршня охватывает оба золотника, перемещая их относительно друг друга и относительно поверхности золотниковой втулки. Между хвостовиком магистрального поршня и отсекательным золотником имеется зазор около 1 мм, а между хвостовиком и большим золотником – 7,5 мм. Зазоры обеспечивают свободный ход поршня с хвостовиком относительно золотников. Этот ход необходим для частичного снижения чувствительности воздухораспределителя к колебаниям давления и обеспечения устойчивой работы в положении перекрыши. Каждый из золотников прижат к своему зеркалу пружиной: отсекательный – малый золотник – витой, а большой магистральный – лепестковой.

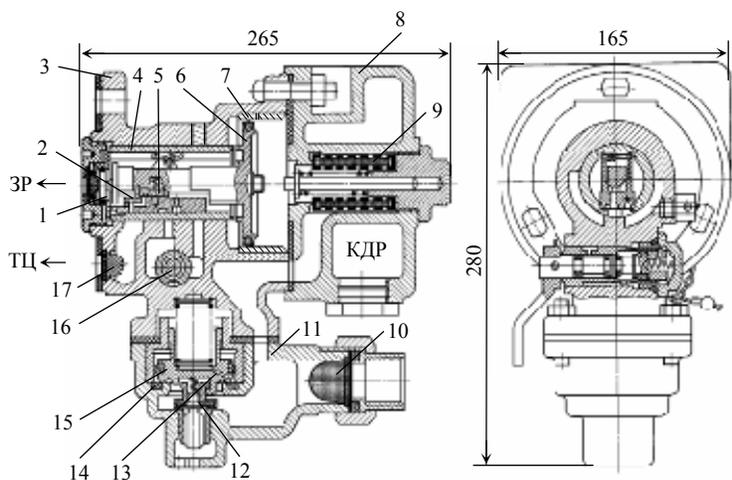


Рисунок 4.4 – Воздухораспределитель № 292М

Крышка 8 прикреплена к корпусу 3 магистральной части через резиновую прокладку с помощью костыльковых болтов М12. В ней размещена камера дополнительной разрядки КДР объемом 1 л, сеточно-фетровый фильтр 9, выполненный в виде втулки из латунной сетки и тонкого слоя фетра, и буферный стержень с пружиной.

С противоположной стороны хвостовик магистрального поршня упирается через подпружиненный буфер 1 в заглушку с центральным отверстием 9–9,5 мм, ведущим в запасный резервуар через сеточный фильтр.

От золотниковой втулки через сеточный фильтр 17 к тормозному цилиндру ведет канал, через который происходит наполнение цилиндра при слу-

жебном и экстренном торможениях и выход воздуха к зеркалу золотника и в атмосферу при отпуске.

Очистка воздуха, поступающего из тормозной магистрали ТМ, осуществляется фильтром 10 на отводе от магистрального воздухопровода и многослойным фильтром 9, расположенным в полости камеры дополнительной разрядки КДР.

Пробка 16 переключателя режимов имеет несколько отверстий разного диаметра для пропуска воздуха в тормозной цилиндр при экстренном торможении и отпуска тормоза в поездах различной длины. Обозначение положений пробки отлитыми буквами на корпусе воздухораспределителя: Д – ручка вправо – длинносоставный поезд (более 20 вагонов); К – ручка вертикально вниз – для поездов нормальной длины; УВ – ручка влево – ускоритель выключен при длинносоставном поезде.

Воздухораспределители № 292-001 имеют конструкцию режимного переключателя, коническая пробка которого изготовлена из латуни и притерта к поверхности втулки (рисунок 4.5).

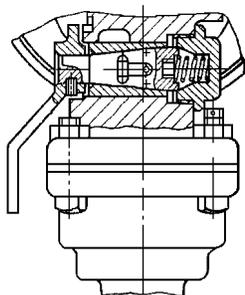


Рисунок 4.5 – Режимный переключатель

В нижней части воздухораспределителя через резиновую прокладку (см. рисунок 4.4) прикреплен корпус 11 ускорителя экстренного торможения с подводящей трубой от тормозной магистрали. В состав ускорителя входит поршень 15, нагруженный сверху пружиной. Поршень снизу имеет зацеп, которым он может подхватывать атмосферный клапан 12 для экстренной разрядки тормозной магистрали, когда воздух выходит из полости над поршнем 15 в тормозной цилиндр через переключательную пробку 16 и выемку в главном золотнике 2.

В поршне 15 имеется отверстие 13 диаметром 0,8 мм для наполнения воздухом полости над ним при зарядке тормоза. Разрядка тормозной магистрали при этом не происходит, так как между зацепом и клапаном 12 имеется зазор 3,5 мм. Ускорительный поршень 15 приподнимается, пропуская воздух в полость над поршнем, и сразу садится на уплотнение 14.

Отключение воздухораспределителя от тормозной магистрали производится разоблицительным краном, устанавливаемым на трубопроводе, присоединяемом к отводу от корпуса 11 ускорителя экстренного торможения.

Зарядка тормоза (рисунок 4.6 (одинаковая нумерация позиций на рисунках 4.4, 4.6–4.8)). При повышении давления в тормозной магистрали поезда более быстрым темпом растёт давление в тормозной системе головных

вагонов, ближе расположенных к локомотиву. Сжатый воздух поступает через патрубок 11 и фильтры 10 и 9 в магистральную камеру, передвигая поршень с хвостовиком влево. Одновременно перемещаются малый 5 и большой 2 золотники.

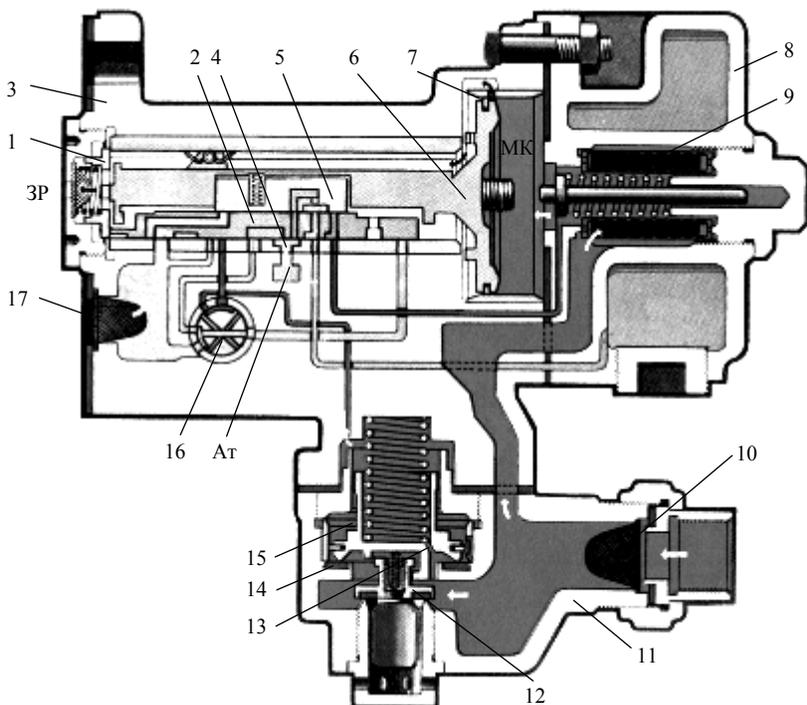


Рисунок 4.6 – Схема воздухораспределителя № 292 (зарядка и отпуск)

Магистральный поршень притирочным пояском прижимается к торцу золотниковой втулки 4. Из магистральной камеры через три отверстия $\varnothing 1,25$ мм площадью $3,68 \text{ мм}^2$ в поршневой втулке и отверстие $\varnothing 2$ мм площадью $3,14 \text{ мм}^2$ в притирочном пояске сжатый воздух проходит в золотниковую камеру ЗК и далее через буфер 1 и отверстие $\varnothing 9$ мм – в запасный резервуар. Три отверстия $\varnothing 1,25$ мм вместо одного выполнены для более надежной работы уплотнения и с целью уменьшения хода поршня 6, необходимого для сообщения магистральной и золотниковой камер, так как равновеликое отверстие будет иметь диаметр $2,165$ мм, и ход поршня увеличится примерно на 1 мм.

В хвостовых вагонах, где давление в ТМ повышается медленнее, у магистрального поршня 6 не хватает силы сжать пружину левого (по чертежу) буфера. Между притирочным пояском поршня и торцом золотниковой втулки остается зазор, площадь которого больше площади отверстия $\varnothing 2$ мм. Поэтому в хвостовых вагонах время наполнения ЗР лимитируют три отверстия $\varnothing 1,25$ мм. По мере наполнения ЗР и повышения давления в нем процесс перетекания воздуха в головных вагонах становится таким же, как и в хвостовых. Время наполнения запасных резервуаров по длине поезда выравнивается и составляет 130–180 с. В составе поезда зарядка запасных резервуаров может проходить несколько медленнее.

Одновременно через патрубок воздух из тормозной магистрали поступает под поршень 15, и, поскольку давление повышается, поршень, сжимая пружину, поднимается на высоту менее 3,5 мм, не поднимая атмосферный клапан 12. Через некоторое время совместным усилием пружины и от давления сжатого воздуха, поступившего через отверстие 13 диаметром 0,8 мм, поршень 15 садится на резиновое кольцо 14. Таким образом, происходит зарядка срывной камеры над поршнем.

Если воздухораспределитель включается в поезде с заряженной тормозной системой, то давлением воздуха поршень 15 поднимается на высоту более 3,5 мм и поднимает атмосферный клапан 12, с резким шумом выпуская порцию воздуха в атмосферу. Затем поршень 15 садится на резиновое кольцо 14 под совместным действием пружины и давления сжатого воздуха, поступившего в полость над поршнем.

Поскольку зарядка камеры над поршнем происходит с поступлением воздуха через переключатель режимов, то при нахождении пробки 16 в положении УВ воздух под главный золотник 2 не поступает.

При зарядке тормоз будет отпущен, так как тормозной цилиндр каналом 17 сообщен с атмосферой через переключательную пробку 16 и большой золотник. Камера дополнительной разрядки КДР также сообщена с атмосферой через магистральный 2 и отсекальный 5 золотники. После окончания зарядки в запасном резервуаре устанавливается такое же давление, как и в тормозной магистрали – 0,5–0,52 МПа.

Медленная разрядка. Этот процесс необходим, если зарядка тормоза происходила повышенным давлением, а затем в тормозной магистрали установилось нормальное зарядное давление.

Способность воздухораспределителя при медленной разрядке темпом до 0,05 МПа/мин не приходить в действие называется мягкостью тормоза. Это свойство реализуется при переходе на пониженное зарядное давление или позволяет приводить систему к нормальному давлению при возможной перезарядке запасного резервуара. Воздух из ЗР перетекает обратно в ТМ че-

рез отверстие $\varnothing 9$ мм, золотниковую камеру, три отверстия $\varnothing 1,25$ мм и многослойный фильтр.

Полость над поршнем 15 (см. рисунок 4.6) ускорителя экстренного торможения остается заряженной, но никакого влияния на работу воздухораспределителя это не оказывает. Постепенно через имеющиеся неплотности в золотниковой системе и пробке воздух вытекает из полости над поршнем в атмосферу и давление выравнивается.

Служебное торможение (рисунок 4.7). Когда давление в тормозной магистрали понижается темпом $0,010\text{--}0,015$ МПа/с на величину $0,13\text{--}0,15$ МПа, происходит полное служебное торможение.

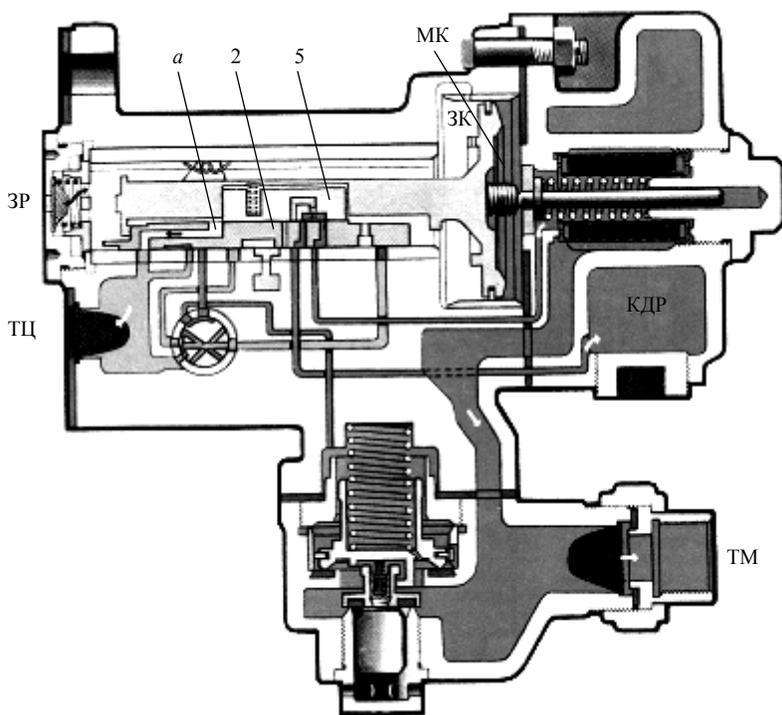


Рисунок 4.7 – Схема воздухораспределителя № 292 (служебное торможение)

Воздухораспределитель рассчитан на пределы снижения давления в тормозной магистрали темпом $0,006\text{--}0,060$ МПа в секунду, поэтому при нормальной работе тормозной системы поезда происходит уверенное срабатывание его на торможение, так как воздух из камеры ЗК и запасного резер-

вуара не успевает перетекать в камеру МК. Магистральный поршень перемещается вправо на величину холостого хода 7,5 мм, не передвигая главный золотник. Три отверстия $\varnothing 1,25$ мм остаются за поршнем, и сообщение магистральной МК и золотниковой ЗК камер прекращается. Одновременно открывается сообщение тормозной магистрали с камерой дополнительной разрядки КДР через отверстие в главном 2 и отсекательном 5 золотниках. Происходит дополнительная разрядка тормозной магистрали на величину 0,025–0,030 МПа в камеру КДР, что вызывает дальнейшее перемещение поршня вместе с золотниками 2 и 5 вправо, до касания его с хвостовиком буфера, поджатого пружиной с усилием 100 Н (10 кгс) к бурту крышки камеры КДР. При служебных торможениях у магистрального поршня не хватает силы, чтобы сжать пружину, и он останавливается. Кроме того, дополнительная разрядка магистрали обеспечивает уверенное срабатывание на торможение воздухораспределителя на следующем вагоне и достижение тормозной волны конечного вагона в поезде любой длины.

Воздух из запасного резервуара через отверстие $\varnothing 9$ мм и открытый Z-образный канал *a* в главном золотнике поступает в тормозной цилиндр. Перетекание воздуха продолжается до тех пор, пока давление в ЗР и золотниковой камере не станет ниже (меньше), чем в камере М и в связанной с ней тормозной магистрали, примерно на 0,01 МПа. Тогда поршень МП сдвинется назад, перекрывая отсекательным золотником Z-образный канал и поступление воздуха в тормозной цилиндр. Давление в ТЦ при полном служебном торможении – 0,38–0,4 МПа. Оно зависит от объема тормозного цилиндра и величины выхода штока.

Снижение давления в тормозной магистрали на меньшую величину, чем при полном служебном торможении, но не менее 0,03 МПа, приведет к частичной разрядке резервуара ЗР и, соответственно, меньшему давлению в ТЦ. Произойдет ступень торможения. Величина давления в ТЦ при ступени торможения зависит от глубины разрядки и объемов резервуара ЗР и тормозного цилиндра. При меньшей величине разрядки торможение не произойдет, так как перемещению золотников препятствует сила трения, а также утечки воздуха через зазоры в золотниковой системе.

После ступени торможения или полного служебного торможения устойчивость перекрыши обеспечивается наличием холостого хода отсекательного золотника.

При дальнейшем ступенчатом снижении давления в магистрали ТМ (следующей ступени торможения) можно получить нарастающую величину давления в тормозном цилиндре, пока она не достигнет величины давления в ТЦ при полном служебном торможении. Скорость распространения тормозной волны при служебном торможении – не менее 120 м/с.

Следует обратить внимание, что подпитки запасного резервуара из тормозной магистрали в процессе торможения нет, поскольку тормоз непрямодействующий.

Экстренное торможение (рисунок 4.8) происходит при интенсивной разрядке тормозной магистрали темпом 0,08 МПа/с и более на глубину не менее 0,04 МПа. Необходимо, чтобы произошло быстрое наполнение тормозного цилиндра сжатым воздухом до максимального давления. Это достигается тем, что магистральный поршень, перемещаясь вправо до упора в прокладку на величину примерно 24 мм, сжимает пружину правого буфера и торцовым выступом прижимается к прокладке, расположенной между камерой КДР и магистральной МК. Система золотников при этом располагается таким образом, что камера над ускорительным поршнем 15 через переключательную пробку 16 и выемку b в главном золотнике 2 сообщается с тормозным цилиндром и быстро разряжается, поскольку в полости перед поршнем тормозного цилиндра пока что атмосферное давление. В тормозной магистрали давление еще около 0,45 МПа, то есть не успело понизиться на значительную величину, поэтому ускорительный поршень 15 резко поднимается, преодолевая зазор 3,5 мм, сжимая пружину и увлекая за собой срывной (атмосферный) клапан 12. Происходит быстрая разрядка тормозной магистрали с выбросом в атмосферу нескольких литров сжатого воздуха, и поршень 15 снова садится на свое седло под действием пружины. Клапан 12 закрывает выход в атмосферу. Экстренная разрядка тормозной магистрали в пределах одного вагона приводит к срабатыванию ускорителей в следующем вагоне, и так до хвоста поезда.

Поскольку золотники переместились вправо вместе с магистральным поршнем, открывается канал, ведущий в тормозной цилиндр через переключательную пробку 16 и фильтр 17. Таким образом, происходит разрядка запасного резервуара в тормозной цилиндр, пока давление в ЗР и ТЦ не выравняется.

Отверстие в переключательной пробке 16 имеет диаметр 5,5 мм, поэтому наполнение тормозного цилиндра в поезде нормальной длины до 20 вагонов при экстренном торможении происходит за 5–7 с. При переключении переключательной пробки на режим Д длинносоставного поезда или на режим УВ с выключенным ускорителем наполнение тормозного цилиндра идет через отверстия \varnothing 2,5 мм за 12–16 с. Давление в тормозном цилиндре за это время составляет 0,35 МПа.

Такая конструкция ускорительной части воздухораспределителя позволяет достигнуть скорости тормозной волны до 200 м/с.

Кольцевой бурт на торце магистрального поршня 6 (см. рисунок 4.6) обеспечивает плотный контакт с резиновой прокладкой, размещенной между

крышкой 8 и магистральной частью 3. Поэтому при экстренной полной разрядке тормозной магистрали прегражден выход воздуха из резервуара ЗР и камеры ЗК в тормозную магистраль и отпуск тормоза.

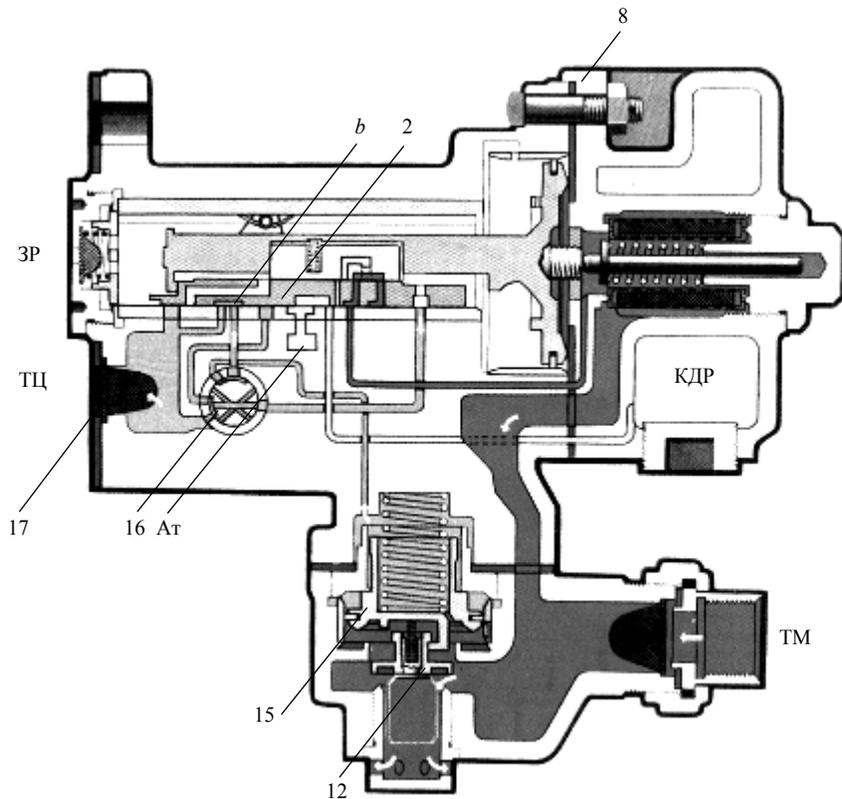


Рисунок 4.8 – Схема воздушного распределителя № 292 (экстренное торможение)

Величина давления в тормозном цилиндре зависит от его объема и объема запасного резервуара, поэтому при изменении хода поршня тормозного цилиндра будет меняться и давление $p_{\text{ТЦ}}$. В частности, при установке композиционных тормозных колодок с уменьшением передаточного числа рычажной передачи уменьшается выход штока и соответственно уменьшится объем рабочей полости тормозного цилиндра. Давление в тормозном цилиндре окажется выше. Для того, чтобы уменьшить зависимость $p_{\text{ТЦ}}$ от вы-

хода штока, устанавливается хомут, позволяющий искусственно увеличить объем рабочей полости тормозного цилиндра и несколько уменьшить давление в нем при торможении.

Отпуск тормоза (см. рисунок 4.6). После служебного торможения достаточно повысить давление в тормозной магистрали на 0,010–0,015 МПа и магистральный поршень 6 вместе с золотниками 5 и 2 переместится влево до упора хвостовиком в подпружиненный буфер 1. Воздух из тормозного цилиндра вытекает в атмосферу через втулку переключательного клапана 16, затем к золотниковой втулке и по выемке в ней. Время полного отпуска до давления 0,04 МПа (выпуска воздуха из тормозного цилиндра в атмосферу) определяется диаметром дроссельных отверстий в переключательном клапане в зависимости от установленного режима. На режиме К выпуск воздуха из тормозного цилиндра через канал $\varnothing 5,5$ мм происходит за 9–12 с, на режиме Д и УВ через отверстие $\varnothing 3$ мм – за 19–24 с.

Воздухораспределители № 292-001 (292М) имеют определенные достоинства, благодаря которым они длительное время находятся в эксплуатации:

1 Дополнительная разрядка тормозной магистрали при служебном торможении (в камеру дополнительной разрядки) и эффективная разрядка в атмосферу через клапан 12 (при ЭТ) обеспечивают скорость тормозной волны 120 м/с при служебном торможении и до 200 м/с – при экстренном торможении.

2 Благодаря наличию коротко- и длинносоставного режимов обеспечивается плавность торможения в поездах различной длины.

3 Выравнивание зарядки запасных резервуаров по длине поезда. Время зарядки – 160–180 с.

4 Возможность выдержки ручки крана машиниста в I положении без перегрузки запасных резервуаров в голове поезда.

5 Хорошая очистка воздуха, поступающего в воздухораспределитель, тремя сетками и фильтром.

Недостатки, выявившиеся в процессе эксплуатации:

1 Непрямодействие – отсутствие подзарядки запасных резервуаров в процессе торможения, что может привести к истощению тормозов. На рисунке 4.9 приведена схема подключения воздухораспределителя № 292, обеспечивающая неистощимость тормоза при исправной системе обеспечения сжатым воздухом.

2 Невозможность ступенчатого отпуска.

3 Зависимость давления в тормозном цилиндре от величины выхода штока тормозного цилиндра. Схема, показанная на рисунке 4.8, позволяет избавиться от этого недостатка.

4 Большое количество притираемых деталей из цветного металла в золотниково-поршневой конструкции. Современные воздухораспределители имеют управляющие системы из клапанно-диафрагменных конструкций.

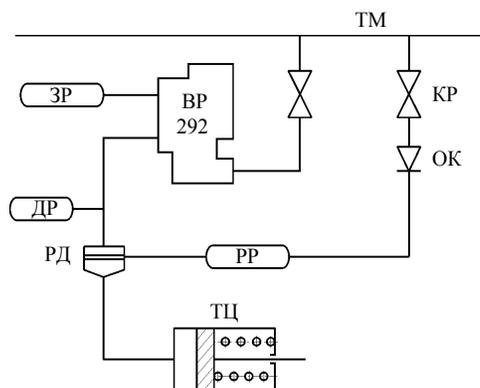


Рисунок 4.9 – Обеспечение неистоимости тормоза пассажирского вагона с воздухораспределителем № 292:

ДР – дополнительный резервуар; РР – рабочий резервуар; РД – реле давления; КР – кран разобщительный; ОК – обратный клапан

Для улучшения характеристик воздухораспределителей пассажирского типа № 292 они подвергались частичной модернизации:

- на лепестковой пружине магистрального золотника устанавливались ролики, уменьшающие сопротивление перемещению золотника;

- магистральный поршень уплотнялся резиновым кольцом с разжимной пружиной вместо латунного кольца;

- переключатель режимов выполнен в виде стержня с резиновыми уплотнительными кольцами вместо конической бронзовой пробки.

Для пассажирского подвижного состава Московский тормозной завод (МТЗ «Трансмаш») разработал воздухораспределитель № 242 клапанно-диафрагменной конструкции, который показал хорошие результаты после испытаний в различных климатических условиях.

4.3 Воздухораспределители грузового типа

Необходимость создания тормозных приборов, предназначенных для грузовых вагонов, определяется условиями вождения грузовых поездов. Наличие автосцепных устройств позволяет значительно увеличить длину и массу поездов, которые при управлении с головы поезда достигают 100 вагонов и более массой до 9000 т. Электropневматическое управление тормозами в грузовых поездах распространения не получило, хотя такие системы разработаны и применяются. Поэтому воздухораспределители грузовых вагонов должны обладать особыми свойствами, обеспечивающими допустимую по прочности автосцепных устройств скорость распространения тормозной волны, а также соответствующую длину тормозных путей.

Воздухораспределитель № 270-006 применяется в короткосоставных поездах до 20 четырехосных грузовых вагонов и на единицах моторельсового транспорта, в частности, на путевых машинах Калужского завода. Имеет однокамерный резервуар объемом 4,5 л.

В настоящее время на железных дорогах бывшего СССР используются главным образом воздухораспределители серии 483 различных модификаций – 483М, 483М-1, 483А. Заводом «Трансмаш» разработаны воздухораспределители 483П и 483Пэл, предназначенные для вагонов, курсирующих в скоростных грузовых поездах (при скорости 140 км/ч и выше). Прибор 483Пэл может работать в системе электропневматического тормоза.

Для вагонов нового поколения лучшим воздухораспределителем считается № 483А. Он принят к серийному производству для грузовых вагонов.

Воздухораспределитель № 483 входит в состав типового ряда, то есть имеет одинаковые или различные, но взаимозаменяемые узлы, с другими приборами, что дает возможность создавать более совершенные устройства, не меняя схему присоединения их в тормозной системе. Все конструктивные изменения воздухораспределителя производились без существенных изменений главной части № 270-023 и двухкамерного резервуара № 295-001.

Воздухораспределители грузового типа имеют блочную конструкцию и состоят из трех основных частей (рисунок 4.10):

– двухкамерного резервуара 3 с переключателем 6 грузовых режимов торможения;

– магистральной части 4 с переключателем 5 равнинного и горного режимов для изменения режима отпуска тормозов и клапаном мягкости (имеется в приборе № 483);

– главной части 1 с отпусковым клапаном 7 и клапаном 2 зарядки запасного резервуара.

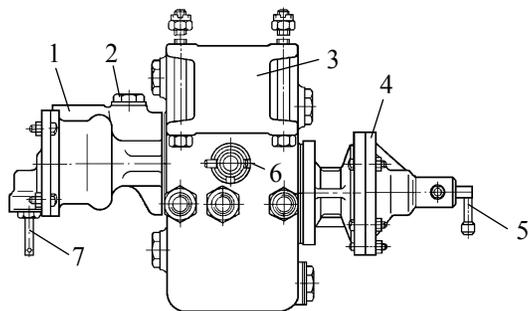


Рисунок 4.10 – Воздухораспределитель № 270-005-1

Установка горного режима позволяет получить ступенчатый отпуск тормозов вагона.

В фазе рабочей готовности воздухораспределителя сжатый воздух из тормозной магистрали ТМ наполняет магистральную МК, а также золотниковую ЗК и рабочую РК камеры. Одновременно происходит наполнение сжатым воздухом запасного резервуара через обратный клапан 2.

В настоящее время МТЗ «Трансмаш» выпустил образцы воздухораспределителей № 483А с монтажом магистральной и главной частей на специальной панели, на которой закрепляется рабочая и золотниковая камеры (рисунок 4.11). Магистральная часть № 483Б.010 нового воздухораспределителя, главная часть № 483.400 и камера-кронштейн № 180 устанавливаются в разрез тормозной магистрали без тройника и отводной трубы с помощью безрезьбовых трубных соединений. Вертикальное расположение магистральной части позволяет уменьшить влияние продольных динамических усилий, действующих на вагон. Разобщительный кран размещен на камере-кронштейне.

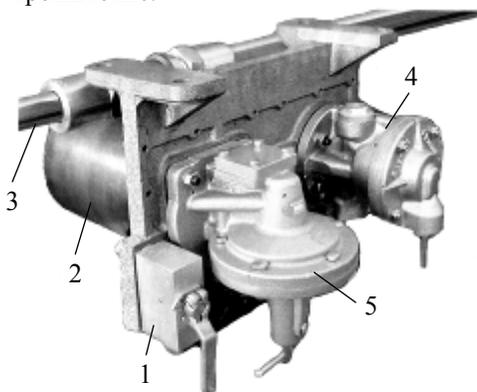


Рисунок 4.11 – Компоновка воздухораспределителя с раздельным расположением основных узлов: 1 – разобщительный кран; 2 – камера-кронштейн № 180; 3 – тормозная магистраль; 4 – главная часть № 483.400; 5 – магистральная часть № 483.010

Двухкамерный резервуар (рисунок 4.12). В его корпусе размещены: сверху – рабочая камера РК объемом 6 л и снизу – золотниковая ЗК (4,5 л).

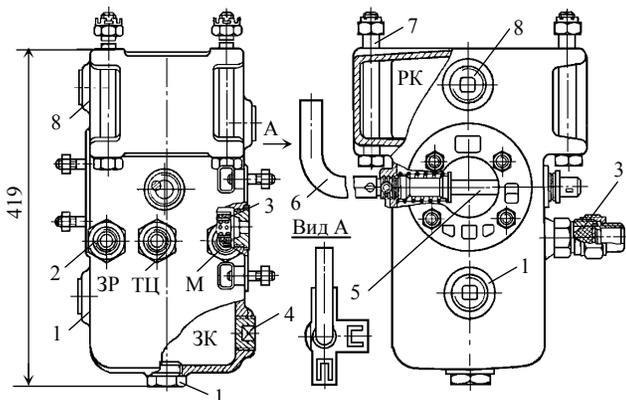


Рисунок 4.12 – Двухкамерный резервуар № 295

В атмосферной полости расположен режимный переключатель 5 в виде валика с эксцентриком. Валик предназначен для переключения режимов воздухораспределителя – грузеный (Г), средний (С) и порожний (П), которое производится подпружиненной ручкой 6. В резервуар заделаны штуцеры 2 диаметром 3/4" для подсоединения тормозной магистрали М, тормозного цилиндра ТЦ и запасного резервуара ЗР. Очистка воздуха, поступающего в магистральную камеру через штуцер М, осуществляется сеточно-фетровым фильтром 3. Двухкамерный резервуар закреплен на раме вагона четырьмя болтами М20 (7) и демонтируется только при наличии неисправностей или при капитальном ремонте вагона. В резервуаре имеются технологические отверстия 1, 4, 8, закрытые заглушками (5 отверстий).

Главная часть воздухораспределителя (рисунок 4.13) крепится к двухкамерному резервуару через резиновую прокладку с отверстиями для прохода воздуха. В конструкции главной части характерным является отсутствие притертых деталей.

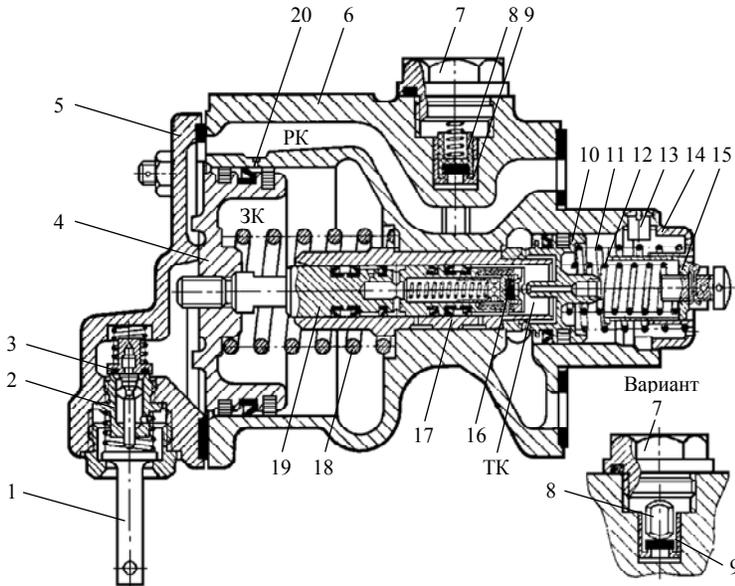


Рисунок 4.13 – Главная часть № 270-023 воздухораспределителей № 270-002, 270-005 и 483

В корпусе 6 запрессованы две латунные втулки – втулка полого штока 17 и седло 9 обратного клапана 8, постоянно закрытого заглушкой 7. Обрат-

ный клапан служит для зарядки запасного резервуара ЗР на всех режимах работы и обеспечивает прямое действие и неистощимость воздухораспределителя. Регулирование времени зарядки резервуара ЗР осуществляется калиброванным отверстием диаметром 1,1–1,3 мм в ниппеле, запрессованном в магистральный канал. При включении воздухораспределителя в заряженную тормозную систему поезда, которое осуществляют открытием разобщительного крана № 372 на магистральном отрезке, время зарядки ЗР объемом 78 л составляет около 5 мин.

В крышке 5 главной части смонтирован выпускной клапан 3, который служит для отпуска заторможенного воздухораспределителя вручную, путем сообщения рабочей камеры с атмосферой через втулку 2 при нажатии на ручку 1 в любую сторону. Главный поршень 4 диаметром 109,5 мм уплотнен манжетой, имеет два фетровых кольца для смазки трущихся поверхностей. Между главным поршнем и корпусом установлена пружина 18, имеющая предварительное сжатие 200 Н (20 кгс). Шток 19 главного поршня выполняет роль золотника. Каналы, ведущие из внутренней расточки штока, разделяются шестью уплотнительными манжетами. Четыре отверстия в штоке диаметром по 3 мм и одно диаметром 1,7 мм служат для подачи сжатого воздуха в тормозную камеру ТК и затем в тормозной цилиндр в процессе его наполнения.

В расточке полого штока расположен клапан 16, прижимаемый пружиной и давлением сжатого воздуха к седлу, размещенному на конце штока. Клапан служит для подачи воздуха в камеру ТК. Уравнительный поршень 10 расположен в корпусе 6 главной части, в который ввернута режимная упорка 14. Внутри ее вставлена упорка 15 с фиксатором 13 режимного переключателя давления в ТЦ.

Направляющими уравнительного поршня 10 служат втулка 17 полого штока 19 и расточка в правой части корпуса. Поршень 10 поджат режимными пружинами 11 и 12. Большая пружина 11 включена постоянно, а малая 12 включается частью своего усилия на режиме С и полностью на режиме Г. Включение пружины происходит при вращении режимного валика с эксцентриком.

В штоке уравнительного поршня имеется сквозной канал $\varnothing 2,8$ мм, связывающий тормозную камеру ТК и атмосферную полость Ат внутри двухкамерного резервуара.

Золотниковая ЗК и рабочая РК камеры могут сообщаться через отверстие $20 \varnothing 0,5$ мм в стенке цилиндра главного поршня 4.

В процессе эксплуатации прибора производилась модернизация главной части. В частности, разработана диафрагменная конструкция вместо главного поршня и, соответственно, клапан вместо отверстия $\varnothing 0,5$ мм в камере РК.

Обратный клапан в резервуар ЗР выполнен без возвратной пружинки, благодаря чему повышается давление в ЗР на 0,01 МПа (0,1 кгс/см²). Ряд деталей главной части выполнен из алюминиевых сплавов. Такая главная часть выпускалась с 1980 г. под № 466 (рисунок 4.14). Ее масса – 5,6 кг против 12,5 кг главной части 270-023.

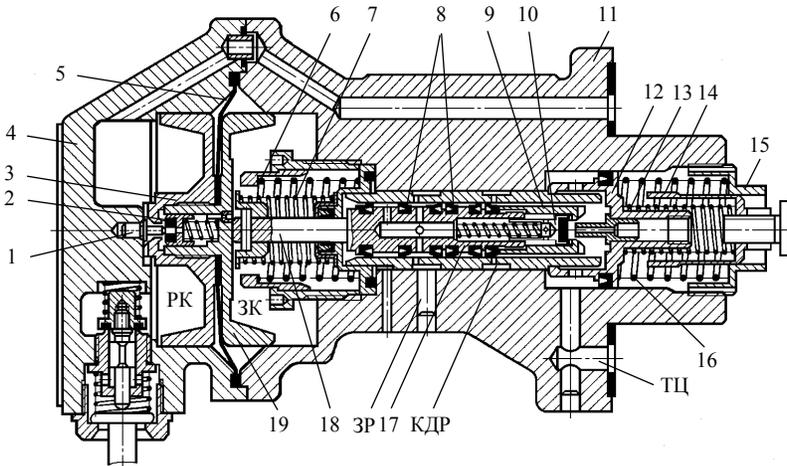


Рисунок 4.14 – Главная часть № 466-110:

1 – упор; 2 – обратный клапан; 3 – левый диск; 4 – крышка; 5 – главная диафрагма; 6 – большая пружина; 7 – малая пружина; 8 – манжеты; 9 – седло тормозного клапана; 10 – клапан тормозной; 11 – корпус; 12 – уравнильный поршень; 13 – малая режимная пружина; 14 – малая упорка; 15 – большая упорка; 16 – большая режимная пружина; 17 – полый шток; 18 – толкатель; 19 – правый диск

Особенность главной части № 466 – применение главной диафрагмы 5, которая с направляющими алюминиевыми дисками закреплена между крышкой и корпусом вместо поршня. Пружина 6, действующая на диафрагму, дополнена пружиной 7, включающейся через буфер после небольшого прогиба диафрагмы. Этот прогиб приводит к перемещению полого штока, прекращающего дополнительную разрядку тормозной магистрали.

Полый шток 17 выполнен составным (на резьбовых соединениях) для удобства постановки и снятия шести манжет. Хвостовик штока не имеет жесткой связи с диском диафрагмы.

Для зарядки рабочей камеры РК имеются отверстие $\varnothing 0,5$ мм в правом диске 19 и обратный клапан 2.

Действие главной части № 466 аналогично действию главной части № 270-023, однако она имеет повышенную чувствительность к отпуску, на за-

ряду и торможение из-за отсутствия главного поршня и силы трения его по стенкам корпуса.

Новая главная часть № 483-400 обеспечивает полную взаимозаменяемость с главной частью № 270.023. Она отличается применением латунных втулок для внутренних поверхностей, допускаемым уменьшением на 2 единицы количества манжет на штоке и уменьшением их диаметра до 10,5 мм вместо 23 мм.

Магистральная часть № 483-010 (рисунок 4.15) реагирует на изменение давления в магистрали ТМ и управляет работой главной части воздухо-распределителя, которая производит наполнение или разрядку тормозного цилиндра. Она состоит из следующих основных узлов: корпуса 1, крышки 6, разделенных резиновой диафрагмой 7, и клапана мягкости, смонтированного на корпусе. На рисунках 4.15–4.17 принята одна нумерация деталей. В крышке размещен переключатель режимов: равнинный Р – горный Г.

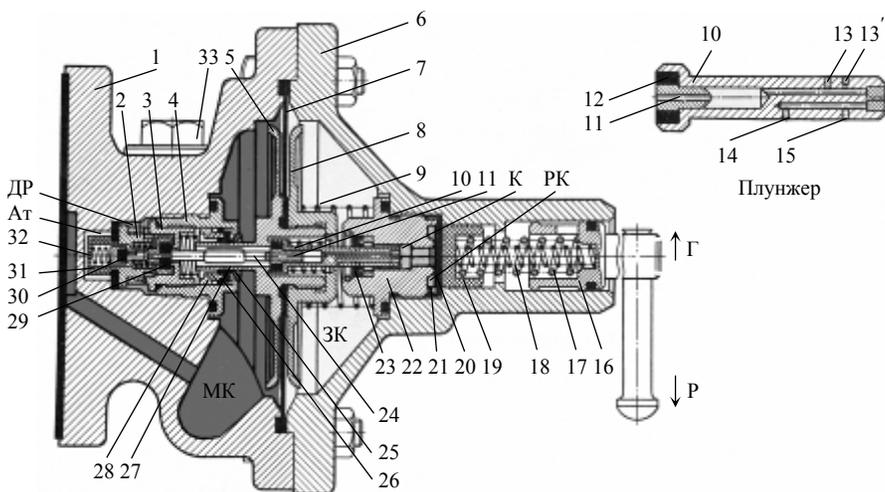


Рисунок 4.15 – Магистральная часть № 483-010

Резиновая диафрагма 7 зажата между двумя алюминиевыми шайбами 5 и 8, которые соединяются на резьбе. Правая шайба 8 нагружена пружиной 9 с усилием 15–20 Н (1,5–2,0 кгс). Внутри шайб расположен подпружиненный плунжер 10, в торец которого упирается толкатель 24. Другим (левым) концом толкатель может контактировать с подпружиненным клапаном 29 дополнительной разрядки. Отверстие 13 диаметром 0,3 мм сверлилось в плунжере до 1981 г.

В торцовом отрезке крышки смонтировано устройство равнинного и горного режимов, аналогичное применявшемуся ранее в воздухораспределителях № 270-002 и 270-005. Оно состоит из резиновой диафрагмы 20, пластмассового колпачка 19, в который упираются большая и малая пружины 17 и 18, упорки 16 с винтовой прорезью и ручки для переключения режимов. При установке горного режима ручка поворачивается вверх, шип, входящий в винтовую прорезь (на чертеже не показан), перемещает упорку 16 влево, при этом сжимаются пружины, воздействуя на пластмассовый колпачок 19 и резиновую диафрагму 20.

Сверху в корпусе (рисунок 4.16, а) запрессована втулка 38 с клапаном мягкости, который состоит из подпружиненного корпуса 36 с резиновой манжетой 37 и закрепленной на корпусе резиновой диафрагмы 35. Клапан мягкости поджат пружиной 34 и закрыт винтовым колпачком 33. Клапан мягкости поджат пружиной 34 и закрыт винтовым колпачком 33.

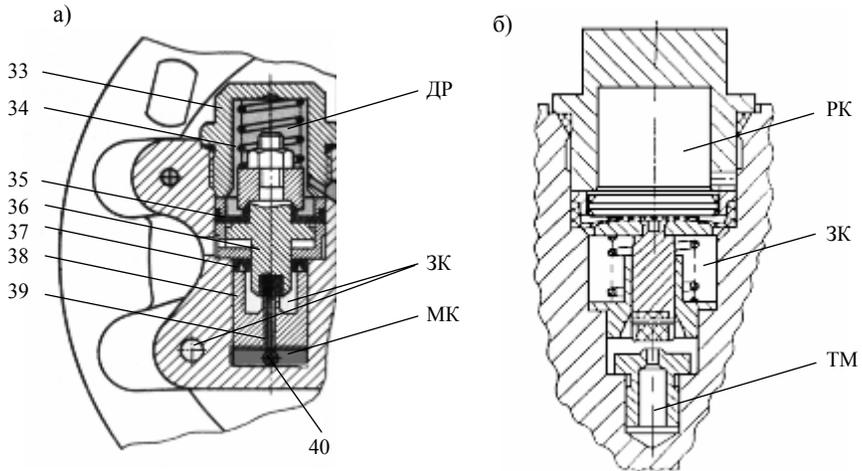


Рисунок 4.16 – Клапаны мягкости магистральных частей:
а – 483М.010; б – 483А и 483А-01

В настоящее время выпускаются магистральные части к воздухораспределителям № 483А и 483А-01 с клапаном мягкости (см. рисунок 4.16), обеспечивающие повышенную стабильность работы тормоза при малых ступенях торможения и открытие клапана мягкости при перепаде давлений между камерами РК и ЗК менее 0,015 МПа, благодаря чему улучшаются характеристики мягкости при медленном снижении магистрального давления. Полость над диафрагмой клапана соединена с каналом дополнительной разряд-

ки (ДР). Открытый клапан сообщает магистральную камеру МК и золотниковую ЗК. Открывается клапан под избыточным давлением со стороны магистрали МК и камеры ЗК через отверстие $40 \text{ } \varnothing 0,9 \text{ мм}$ (ранее было $0,65 \text{ мм}$) и канал 39.

Слева от магистральной (главной) диафрагмы 7 (см. рисунок 4.15) в корпусе расположен узел, состоящий из трех седел 2, 3, 4 с двумя подгруженными клапанами 29 и 30. Один клапан 29 ведет в канал дополнительной разрядки, а другой (30) – в атмосферу. В большом седле имеется манжета 14 с подпружиненным кольцом, выполняющая две функции – уплотнение хвостовика левой шайбы 5 магистральной (главной) диафрагмы и обратный клапан. Полость клапана 30 закрыта колпачком 31 с атмосферным отверстием 32 диаметром $0,9 \text{ мм}$.

В крышку 6 магистральной части изнутри ввинчено седло 22, в котором имеется отверстие $21 \text{ } \varnothing 0,6 \text{ мм}$, соединяющее полость РК с рабочей камерой двухкамерного резервуара. В седле 22 установлена манжета 23 плунжера 10, которая закреплена шайбой и пружинным кольцом. Плунжер 10 имеет центральное отверстие 11 диаметром 2 мм , сообщенное с ним отверстие 13 и два отверстия 14 и 15 диаметром по $0,8 \text{ мм}$. В торцевой части плунжера сделано уплотнительное резиновое кольцо 12.

В большом седле 4, ввинченном в корпус магистральной части, имеется манжета 26 с подпружиненным кольцом 28, выполняющая две функции – уплотнение хвостовика левой шайбы 5 магистральной диафрагмы и функцию обратного клапана – ускорителя торможения.

Два отверстия 27 диаметром по 1 мм в трубчатом (плунжерном) хвостовике левого диска 5 диафрагмы и отверстия 11 и 13 в плунжере предназначены для поступления воздуха в полость К, а из нее – в золотниковую камеру ЗК через отверстия 15 и 14 при зарядке ЗК.

Характерной особенностью магистральных частей воздухораспределителей 270-005 и 483 является отсутствие ускорителей экстренного торможения, которыми оборудованы приборы 270-002. Они были выключены на этих приборах и больше не применяются, поскольку наблюдались случаи самопроизвольного срабатывания ускорителей в пунктах формирования поездов и в пути следования.

Зарядка тормоза. Зарядка заключается в наполнении сжатым воздухом запасного резервуара ЗР, магистральной, золотниковой и рабочей камер воздухораспределителя (см. рисунки 4.15, 4.17 и 4.18).

При зарядке резервуара ЗР воздух из тормозной магистрали поступает через фильтр, калиброванное отверстие $41 \text{ } \varnothing 1,3 \text{ мм}$, обратный клапан 45 и подводящую трубку $3/4''$ в ЗР. Время зарядки резервуара объемом 78 л при полностью заряженной тормозной магистрали составляет примерно 5 мин .

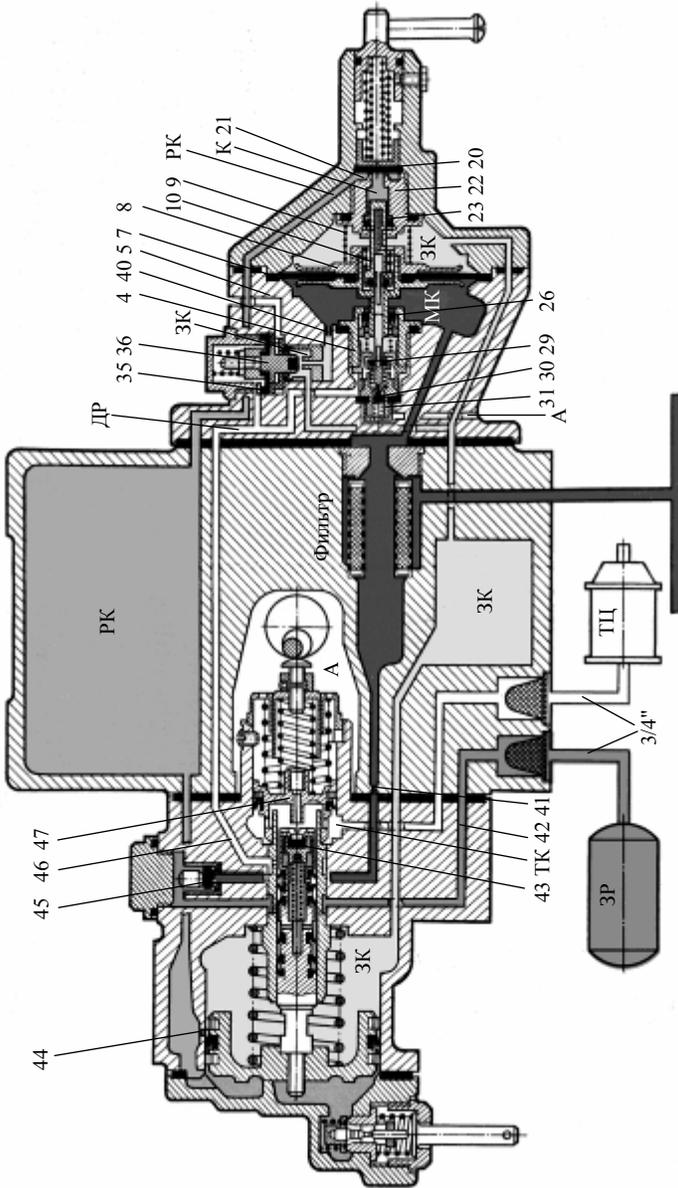


Рисунок 4.17 – Схема воздухораспределителя № 483 при зарядке

Давление воздуха в магистрали ТМ и резервуаре ЗР в конце зарядки практически одинаково.

В магистральную камеру МК воздух поступает через фильтр. Давление в камере быстро повышается, и главная диафрагма 7, преодолевая усилие пружины 9, отклоняется вправо до упора торца диска 8 в сальниковое седло 22, перемещая одновременно плунжер 10. Через два отверстия 25 в большом седле 4 левого диска 5 диафрагмы и отверстия 27 в хвостовике воздух проходит к торцу плунжера 10, а затем через осевое отверстие 11 \varnothing 2 мм и дроссельное отверстие 13 \varnothing 0,8 мм в плунжере попадает в полости К и РК перед режимной диафрагмой 20 и далее через отверстия 15 и 14 – в золотниковую камеру ЗК. Отверстие 14 постоянно остается соединенным с полостью ЗК (см. рисунок 4.15). Таким образом, создается путь для повышения давления в полости ЗК магистральной части, откуда воздух поступает в золотниковую камеру ЗК двухкамерного резервуара объемом 4,5 л и в полость ЗК главной части объемом 0,9 л. Суммарный объем камеры и полостей ЗК составляет около 6 л.

Зарядка рабочей камеры осуществляется из камеры ЗК в главной части через отверстие 44 диаметром 0,5 мм. На горном режиме это единственный путь зарядки камеры РК.

На равнинном режиме, после повышения давления в РК до 0,2–0,32 МПа, когда диафрагма 20 магистральной части, сжимая пружины 18 и 17, отодвинет пластмассовый колпачок 19, открывается второй путь зарядки камеры РК через отверстие 21 \varnothing 0,6 мм в седле 22 из полости К.

При давлении в камере ЗК 0,35–0,4 МПа открывается второй путь для ее зарядки из магистральной камеры МК через клапан мягкости с отверстием 40 диаметром 0,65 мм. По мере выравнивания давлений в тормозной магистрали (камера МК) и камере ЗК главная диафрагма 7 смещается влево, перекрывая манжетой 23 и манжетой двух функций 26 сообщение МК и ЗК, которое теперь осуществляется только через клапан мягкости.

После окончания зарядки давления в МК, ЗР и РК выравниваются, и магистральная диафрагма 7 под действием пружины 9 смещается влево до упора в большое седло, а толкатель 24 при этом упирается в клапан дополнительной разрядки 29.

В конструкции воздухораспределителя № 483А изменен орган мягкости (см. рисунок 4.16), и зарядное отверстие золотниковой камеры перекрывается в результате разницы давлений в золотниковой и рабочей камерах, действующей на диафрагму узла мягкости. У приборов № 483 и 483М действует давление из канала дополнительной разрядки.

Медленная разрядка (мягкость воздухораспределителя – нечувствительность к медленной разрядке) осуществляется в случае возможной перезаряд-

ки тормозной магистрали при отпуске положением I ручки крана машиниста и последующего перехода на нормальное зарядное давление, когда в положении II кран машиниста ликвидирует сверхзарядку темпом 0,02 МПа/мин. Вместе с магистралью ТМ медленно разряжается воздухо-распределитель, не срабатывая на торможение, то есть проявляется свойство мягкости тормоза. При этом к нормальному зарядному давлению должны перейти камеры МК, ЗК и РК.

Запасный резервуар сохраняет повышенное зарядное давление, которое может понижаться в нем до нормы из-за возможных утечек воздуха через возможные неплотности в тормозной системе при снижении давления в магистрали ТМ. В дальнейшем, в случае понижения давления в резервуаре ЗР через обратный клапан 45 будет происходить его пополнение из магистрали ТМ.

Из рабочей камеры РК в камеру ЗК воздух перетекает через отверстие 44 диаметром 0,5 мм в главной части воздухо-распределителя, а из камеры ЗК – в камеру МК и далее в магистраль ТМ через открытый клапан мягкости и отверстие 40 диаметром 0,65 мм. Это происходит при разрядке магистрали ТМ темпом до 0,024 МПа/мин. Таким образом поддерживается ступень мягкости.

Если давление в камере ЗК уменьшается до величины около 0,35 МПа, клапан мягкости 36 закрывает канал 39 под действием своей пружины 34 (см. рисунок 4.16). Однако ликвидация сверхзарядки в тормозной магистрали происходит только через клапан мягкости, поскольку нормальное зарядное давление – не менее 0,5 МПа.

При более быстром снижении давления в тормозной магистрали темпом до 0,12 МПа/мин воздух не успевает перетекать в магистраль через клапан мягкости и отверстие 40. Магистральная диафрагма 7 отклоняется влево и толкателем 24 приоткрывает клапан 29 дополнительной разрядки. Воздух из камеры ЗК перетекает в главную часть воздухо-распределителя через каналы ДР и 46 и попадает в тормозную камеру ТК, которая сообщена с атмосферой через канал 47 в уравнительном поршне. В полости между клапаном 29 и манжетой 26 может установиться давление на 0,15–0,20 МПа ниже, чем в тормозной магистрали, благодаря чему ускоряется разрядка камер РК и ЗК и повышается мягкость действия. Кроме того, это способствует более быстрому снижению давления в тормозной магистрали без срабатывания воздухо-распределителей на торможение.

Поездное положение. После зарядки золотниковой камеры ЗК воздухо-распределителя происходит перемещение магистральной диафрагмы 7 (см. рисунки 4.15 и 4.17) до соприкосновения торца левой алюминиевой шайбы 5 с седлом 4 манжеты клапана-ускорителя 26. Это осуществляется за счет усилия пружины 9 до упора плунжера 10 через толкатель 24 в клапан допол-

нительной разрядки 29, который, в свою очередь, упирается в клапан 30 разрядки золотниковой камеры (его называют, иначе, атмосферным клапаном). В результате закрывается доступ воздуху из тормозной магистрали ТМ в золотниковую ЗК и рабочую РК камеры через отверстия плунжера 10 и подерживается готовность к дополнительной разрядке тормозной магистрали.

Клапан мягкости 36 закрывает своим резиновым уплотнением выход из магистрали ТМ при уменьшении давления в золотниковой камере ЗК примерно до 0,35 МПа. Поскольку нормальное давление в магистрали ТМ не ниже 0,50 МПа, то клапан в поездном положении не закрывается и ликвидация сверхзарядки в поезде происходит через этот клапан.

Торможение. Надежное срабатывание воздухораспределителей в поезде на торможение происходит при темпе разрядки тормозной магистрали 0,002 МПа за 1 с и более. Нормальный темп разрядки при служебном торможении – 0,006–0,040 МПа/с. Фактически в составе движущегося поезда оно может произойти и при темпе разрядки 0,0015 МПа/с.

При снижении краном машиниста давления в ТМ темпом служебного торможения воздух не успевает выходить из камер ЗК и РК через клапан мягкости и калиброванное отверстие 40 диаметром 0,65 мм в дросселе канала 39 (см. рисунок 4.16). Давление в камере ЗК оказывается выше, чем в камере МК, и магистральная диафрагма 7 перемещается влево примерно на 1,5 мм. В результате толкатель 24 отжимает от седла клапан 29 и полость между манжетой двух функций 26 и этим клапаном оказывается сообщенной с каналом ДР, ведущим в главную часть воздухораспределителя, а оттуда по каналу 46 – в атмосферу и тормозной цилиндр через тормозную камеру ТК (см. рисунки 4.17 и 4.18). Происходит резкое падение давления в этой полости, поэтому манжета 26 отходит от седла, сообщая камеру МК через 6 отверстий диаметром по 1,8 мм с каналом ДР по поверхности плунжерной части левого диска 5 диафрагмы 7. Одновременно воздух из канала ДР поступает в полость над диафрагмой 35 клапана мягкости и клапан 36 перекрывает канал 39. Таким образом, прекращается сообщение камер МК и ЗК. Поскольку давление в тормозной магистрали и связанной с ней камере МК продолжает падать, то при дальнейшем движении магистральная диафрагма 7 влево открывается сообщение канала ДР с атмосферой через клапан 30 и отверстие 32 диаметром 0,9 мм.

Пока диафрагма 7 находится в крайнем левом положении, продолжается разрядка камеры ЗК в атмосферу темпом, в соответствии с которым происходит наполнение сжатым воздухом тормозного цилиндра, так как главный поршень 4 вместе с полым штоком 19 (см. рисунок 4.13) перемещается вправо и сначала закрывает атмосферное отверстие в ниппеле уравнильного поршня 47 (см. рисунок 4.17), а затем открывает тормозной клапан 43,

пропуская воздух из запасного резервуара ЗР через каналы в полном штоке в тормозной цилиндр ТЦ.

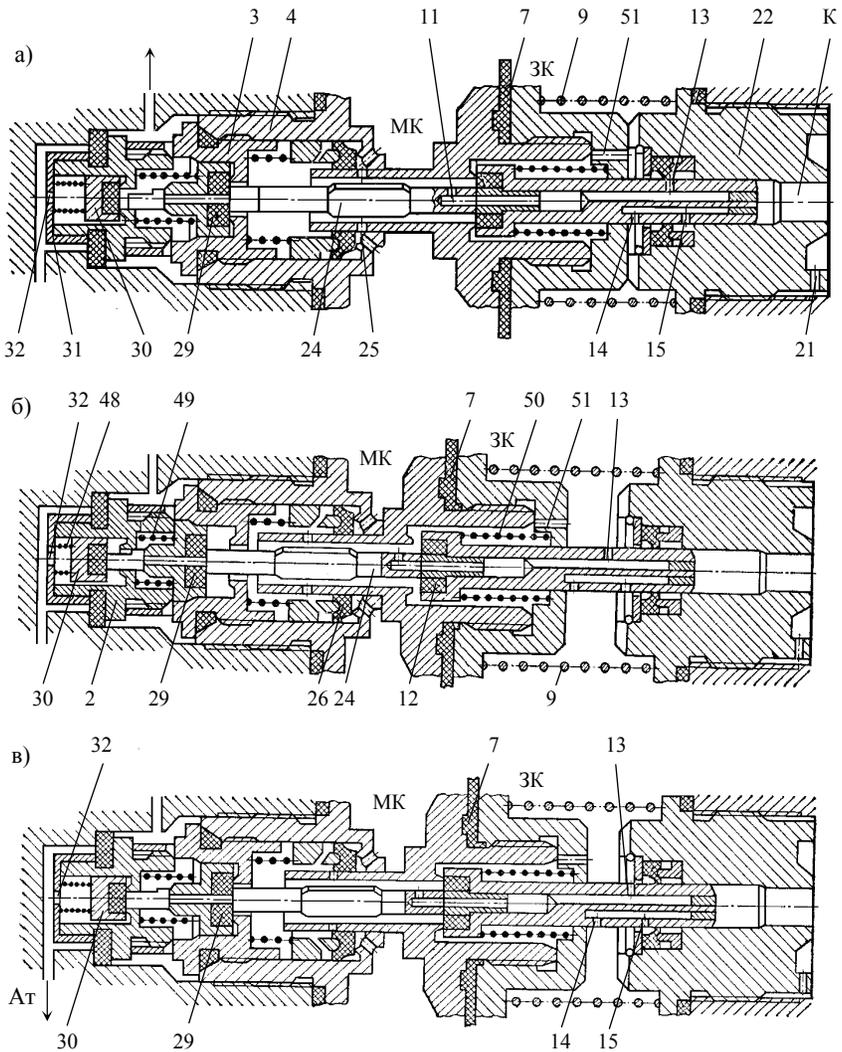


Рисунок 4.18 – Положения клапанов:

а – при отпуске и зарядке; б – перекрыше; в – торможении

У одиночного вагона наполнение ТЦ сжатым воздухом происходит независимо от его диаметра и выхода штока (чем меньше давление в ТЦ, тем больше сдвинут режимными пружинами 11 и 12 на рисунке 4.13 уравнительный поршень влево). Время наполнения тормозного цилиндра ТЦ составит 7–14 с при экстренном и полном служебном торможениях. Это время зависит от величины отверстия $\varnothing 1,7$ мм в штоке (ниппеле) 47 уравнильного поршня. Кроме того, на его величину влияет отверстие 32 (см. рисунки 4.15 и 4.18) в магистральной части, через которое происходит разрядка золотниковой камеры ЗК в атмосферу. Ранее отверстие 32 выполняли диаметром 0,55 мм, в этом случае наполнение тормозных цилиндров в головной части поезда происходило независимо от их объемов и включенного режима.

Наполнение ТЦ на груженом режиме до $p_{ц} = 0,35$ МПа происходит за 14–20 с при экстренном торможении и за 16–22 с – при полном служебном.

В хвосте длинносоставного поезда давление в магистрали снижается медленнее, а в камере ЗК быстрее, поэтому манжета двух функций 26 периодически открывает сообщение ТМ с атмосферой через отверстие 32. Этим ускоряется разрядка магистрали ТМ и наполнение цилиндров. Диаметр отверстия 32 выбран с таким расчетом, чтобы снижение давления в магистрали не опережало ее разрядку через кран машиниста. Иначе воздухораспределитель повысит давление в ТМ в положении перекрыши и произойдет отпуск тормоза.

Разрядка камеры ЗК в канал ДР в начальный момент обеспечивает надежное срабатывание главной части на торможение и образование в ТЦ скачка давления.

Величина давления в ТЦ регулируется работой главной части и зависит от глубины разрядки тормозной магистрали ТМ и камеры ЗК и установленного режима Г, С, П, то есть от усилия пружин 11 и 12, действующих на уравнительный поршень (см. рисунок 4.13).

На каждом вагоне в начале торможения воздухораспределитель обеспечивает дополнительную разрядку магистрали ТМ. Разрядка происходит в тормозной цилиндр, сообщенный через дроссельное отверстие в ниппеле 47 (см. рисунок 4.17) уравнильного поршня с атмосферой. Величина разрядки для получения первой ступени торможения должна быть больше дополнительной разрядки, то есть больше 0,04–0,05 МПа. В противном случае снижение давления в магистрали ТМ, создаваемое воздухораспределителем, окажется больше, чем установленное краном машиниста в уравнильном резервуаре. После перевода ручки КМ в положение перекрыши с питанием давление в ТМ повысится и произойдет отпуск тормозов.

Повторная ступень торможения должна производиться по истечении не менее 5 с после прекращения выпуска воздуха краном машиниста.

Перекрыша (фиксирование достигнутой величины давления). После прекращения разрядки тормозной магистрали краном машиниста, постепенно давление в камерах МК и ЗК выравнивается, поскольку разрядка в атмосферу через клапан 30 и отверстие 32 диаметром 0,9 мм прекращается. В этом положении канал КДР продолжает оставаться сообщенным с камерой ЗК через открытый клапан 29 и отверстия 11 и 13 в плунжере 10 (см. рисунок 4.15).

При незначительном повышении давления в магистрали ТМ на 0,01–0,025 МПа диафрагма 7 с плунжером 10 переместится вправо, что вызовет сообщение камер ЗК и РК через полость К перед переключателем равнинного и горного режимов.

Повышение давления может быть вызвано на первых 8–10 вагонах неправильной работой поездного крана машиниста. При этом, поскольку диафрагма 7 перемещается вправо, также происходит сообщение камеры РК с камерой МК через отверстие 13 в плунжере 10 и отверстия 28 в трубчатом хвостовике левого диска 5 диафрагмы 7. Это соединение трех объемов РК, ЗК и МК происходит на равнинном режиме и приводит к отпуску тормоза. Поэтому правое нижнее отверстие 15 плунжера смещено на 0,5 мм в сторону полости К, ограниченной справа диафрагмой 20 переключателя равнинного и горного режимов. Благодаря этому полость К и камера РК сообщаются с камерой ЗК до сообщения их с магистральной камерой МК. Таким образом, создается воздушный буфер в камере ЗК и диафрагма 7 возвращается в положение перекрыши.

Некоторое увеличение давления в камере ЗК главной части воздухораспределителя приведет к незначительному перемещению главного поршня с хвостовиком влево и частичному выпуску воздуха из тормозного цилиндра через центральное отверстие в уравнильном поршне. То есть произойдет ступень отпуска в этом вагоне.

Экстренное торможение происходит при разрядке тормозной магистрали темпом 0,08 МПа в 1 с и выше. При этом тормозная магистраль ТМ и золотниковая камера ЗК полностью разряжаются за короткое время. Разрядка камеры ЗК происходит через полностью открытый клапан плунжера 10 и клапан 29 дополнительной разрядки, не опережая разрядку тормозной магистрали. При быстром снижении давления в камере ЗК главный поршень 4 перемещается в тормозное положение, поэтому канал ДР перекрывается четвертой и пятой манжетами (от поршня) хвостовика 18 поршня (см. рисунок 4.13). Дальнейшая разрядка золотниковой камеры ЗК продолжается через атмосферное отверстие 32 диаметром 0,9 мм в магистральной части (см. рисунок 4.15). Диаметр отверстия 32 выбран из того расчета, чтобы разрядка воздухораспределителем тормозной магистрали в любой части поезда не

опережала разрядку через кран машиниста и чтобы не произошел отпуск тормоза.

Таким образом, при экстренном торможении магистральная часть действует так же, как и при служебном, однако в этом случае быстрее происходит полная разрядка МК и ЗК, воздухораспределитель быстрее срабатывает на торможение. Клапан плунжера 10 остается постоянно открытым, а при полном служебном торможении клапан дросселирует, несколько замедляя разрядку золотниковой камеры ЗК. Наполнение тормозных цилиндров в хвосте 100-вагонного поезда на режиме «Груженный» до давления 0,35 МПа при экстренном торможении происходит за 30 с.

При экстренном торможении давление в тормозном цилиндре может оказаться меньше, чем при полном служебном, поскольку нет подпитки запасного резервуара из тормозной магистрали.

Отпуск тормоза происходит при интенсивном повышении давления в тормозной магистрали, когда ручка крана машиниста установлена в зарядное (отпускное) I или II положение. Давление в магистральной камере темпом 0,08–0,12 МПа в 1 минуту повышается до 0,60–0,63 МПа. В хвостовых вагонах темп повышения давления медленнее, примерно 0,035 МПа в 1 минуту.

В головной части поезда диафрагма 7 (см. рисунок 4.15) магистральной части сразу уходит вправо до упора торца диска 8 в торец сальника 22. Плунжер 10 перемещается таким образом, что его отверстие 15 выходит из-под манжеты 23 в полость К, примыкающую к полости, связанной с рабочей камерой РК. В результате воздух из камеры МК через каналы в плунжере и направляющей левой шайбы поступает в золотниковую камеру ЗК, сначала в магистральную часть, а из нее – в главную часть. На равнинном режиме одновременно из рабочей камеры РК воздух проходит в открывшуюся полость К перед режимной диафрагмой и также в камеру ЗК.

Размеры отверстий (диаметр 0,8 мм) в плунжере 10 подобраны таким образом, что в головной части поезда давление в камере РК не снижается, поскольку диафрагма 7 сразу оказывается в крайнем правом положении. Отпуск происходит за счет быстрого повышения давления в камерах МК и ЗК.

В средней части поезда давление в магистрали ТМ повышается медленнее (темпом около 0,002 МПа в секунду), поэтому диафрагма 7 занимает промежуточное положение и только отверстие 15 заходит за манжету 23. Таким образом, магистральная камера МК вначале сообщается с полостью К и через отверстия 15 и 14 – с камерой ЗК.

Поскольку в хвосте поезда давление в камере РК выше, чем в магистрали ТМ и камере МК, то вначале из нее происходит перетекание воздуха в камеру ЗК и, соответственно, ускоряется отпуск тормоза, ввиду того, что глав-

ный поршень начинает перемещаться в отпускное положение. Причем это движение ускоренное, так как давление в камере РК уменьшается.

При дальнейшем повышении давления в магистрали ТМ и камере МК отверстие 13 выходит из-под манжеты 23, полость К дополнительно сообщается с камерой МК через отверстие 11 в плунжере и отверстия 25 в седле 4. Если повышение давления в ТМ происходит еще медленнее (в хвостовых вагонах), главный поршень переместится в отпускное положение за счет выравнивания давлений в камерах РК и ЗК через отверстия 15 и 14 и полость К в магистральные части.

На *равнинном режиме* отпуск тормоза (полный) происходит при повышении давления в магистрали ТМ после торможения на 0,015–0,03 МПа в зависимости от величины ступени торможения. Время отпуска на головных вагонах с максимального давления 0,4 МПа составляет 35–40 с, а на хвостовых – 20–27 с. Так как начало отпуска в хвостовых вагонах отстает от головных вагонов (на время распространения тормозной волны) и начинается позже, то в составе длиной 200–240 осей полный отпуск происходит практически одновременно во всех вагонах, даже с некоторым опережением в хвосте поезда.

На *горном режиме* ручка переключателя равнинного и горного режимов повернута вверх и упорка 16 перемещается влево, сжимая пружины 17 и 18 (см. рисунок 4.15), благодаря чему пластмассовый колпачок 19 прижимает режимную диафрагму 20 к седлу 22 сальника, перекрывая сообщение полостей К и РК. Таким образом, сообщение рабочей камеры РК в главной части воздухораспределителя и полости К на горном режиме отсутствует во всем диапазоне величин давления в магистрали ТМ и в камерах РК и ЗК. Отпуск происходит только за счет повышения давления в камере ЗК из тормозной магистрали ТМ. Благодаря этому возможен ступенчатый отпуск регулированием давления в магистрали ТМ.

После полного служебного торможения для получения первой ступени отпуска на горном режиме надо повысить давление в тормозной магистрали на 0,04–0,05 МПа. Последующие ступени отпуска происходят при повышении давления в магистрали ТМ на 0,03 МПа или больше. Полный отпуск осуществляется при давлении в магистрали ТМ и камере ЗК на 0,015–0,020 МПа ниже предтормозного.

Отпуск после экстренного торможения, когда тормозная магистраль поезда разряжена полностью. Соответственно разряжены магистральная МК и золотниковая ЗК камеры. После постановки ручки крана машиниста в положение отпуска (I) давление в тормозной магистрали головных вагонов увеличивается быстро. В хвостовых вагонах это происходит медленнее. Время повышения давления зависит от компрессорной установки на локомотиве, состояния и длины тормозной магистрали поезда.

На горном режиме диафрагма 20 плотно прижата к седлу 22 пружинами 17 и 18 (см. рисунок 4.15).

На головных вагонах происходит дополнительная разрядка рабочей камеры в золотниковую и магистральную через отверстия 14 и 15 диаметром 0,8 мм в плунжере 10, которые оказались в полости К при перемещении магистральной диафрагмы 7 вправо до отказа. Отпуск начинается после повышения давления в камере ЗК до 0,33–0,35 МПа, когда в результате разрядки камеры РК и повышения давления в ЗК главный поршень движется влево.

В хвосте поезда давление в магистрали ТМ поднимается медленнее и магистральная диафрагма медленнее перемещается вправо.

Воздухораспределитель становится на отпуск, когда перепад давлений между камерами РК и ЗК (на главном поршне) снижается до величины 0,08–0,10 МПа, благодаря чему усилие сжатой пружины 18 (см. рисунок 4.13) или пружин 6 и 7 (см. рисунок 4.14) преодолевает давление на поршень или главную диафрагму. Темп снижения давления в тормозном цилиндре зависит от темпа повышения давления в тормозной магистрали и скорости перемещения главного поршня в отпускное положение. Поскольку давление в ТЦ и камере перед уравнильным поршнем 10 снижается, поршень движется влево.

Воздухораспределитель № 483 является наиболее широко применяемым на железных дорогах стран СНГ. Учитывая сложность оснащения сотен тысяч грузовых вагонов новыми тормозными приборами, можно ожидать, что тормозное оборудование грузовых вагонов с воздухораспределителями этого типа еще долгие годы будет применяться на железных дорогах. Очевидно, будут некоторые усовершенствования приборов, работа над которыми продолжается. Следует отметить достоинства воздухораспределителей и недостатки, которые постепенно устраняются:

– Воздухораспределитель № 483 обеспечивает практически максимальную для существующей системы управления воздушными тормозами скорость распространения тормозной волны до 270 м/с при служебном торможении и до 300 м/с – при экстренном. Как известно, скорость распространения звука в воздухе при нормальных условиях 330 м/с.

– Высокая скорость срабатывания воздухораспределителей на торможение (повышенная чувствительность) достигается благодаря отсутствию выпуска воздуха из золотниковых камер ЗК в магистраль ТМ, что уменьшает разряжаемый объем, а также благодаря отсутствию холостого хода магистральной диафрагмы в начале торможения.

– Характерной является разрядка тормозной магистрали воздухораспределителями в процессе повышения давления в тормозных цилиндрах, которая осуществляется в хвостовой части поезда, благодаря чему уменьшается

сжатие поезда при торможении. Это позволяет водить составы массой 8000 т и более при управлении с головы поезда.

– Клапан мягкости КМ отрегулирован на открытие при давлении в золотниковой камере не выше 0,35 МПа, благодаря чему магистральная часть воздухораспределителя обладает повышенной мягкостью, исключающей самоторможение при ликвидации сверхзарядки. Однако производить разрядку магистрали ТМ темпом более 0,5 МПа в минуту при проверке тормозов поезда нельзя, так как в главной части воздух из камеры РК не успевает перетекать в камеру ЗК через отверстие 20 диаметром 0,5 мм (см. рисунок 4.13) и главный поршень 4 переместится в тормозное положение.

– Конструкция воздухораспределителя № 483 исключает дутье, то есть разрядку магистрали ТМ в случае неисправности главной части № 270-023, поэтому неисправный воздухораспределитель не нарушает работу тормозов в поезде.

В то же время можно утверждать, что универсальности прибора в работе на грузовых и пассажирских вагонах достичь очень трудно. Это касается приспособленности к длине поездов и скорости их движения.

Воздухораспределитель № 270-005-01 (см. рисунок 4.10). Главная часть и двухкамерный резервуар, входящие в состав прибора, такие же, как у воздухораспределителя № 483.

Магистральная часть № 270-1000 (рисунок 4.19) диафрагменно-клапанной конструкции с ручным переключением на равнинный и горный режимы. Устройство для переключения имеет такую же конструкцию, как и у магистральной части № 483-010, одинаковые привалочные фланцы по месту монтажа к двухкамерному резервуару. Ручка 14 переключателя горного и равнинного режимов и направляющий болт 13 устроены так, что при повороте ручки вверх упорка 16 поворачивается и пружина 15 сжимается.

Магистральная часть устанавливается через резиновую прокладку 30. Для точной установки имеются шипы 29.

Внешнее отличие – отсутствие втулки с клапаном мягкости, расположенной на верхней части корпуса, и прилива к магистральной части внизу корпуса.

Диафрагма 3 расположена между корпусом 1 и крышкой 2 и одновременно является прокладкой между ними. Она закреплена между двумя шайбами 4 и 5, изготовленными из алюминиевого сплава. Диафрагма разделяет магистральную МК и золотниковую ЗК камеры. Шайба 4, расположенная в камере МК, имеет полый трубчатый отросток, который может перемещаться в седле 25, поставленном на резьбе и уплотненном резиновым кольцом 32 в корпусе 1. Трубчатый отросток уплотнен фрикционным кольцом 24, создающим сопротивление 10–15 Н при отклонении диафрагмы. Внутри трубчатого отростка расположен толкатель 23, левым концом опирающийся на

190 4 ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА – ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛИ

металлический стержень 27, запрессованный вместе с резиновой втулкой в корпус клапана 31, на который воздействует пружина 28, расположенная в полости дополнительной разрядки ДР. Полость, внутри которой перемещается клапан 31, имеет выход в атмосферу через отверстие 26 диаметром 0,3 мм. Магистральная камера МК сообщается с полостью внутри трубчатого отростка через два отверстия 6 диаметром по 3 мм (или четыре по 2 мм).

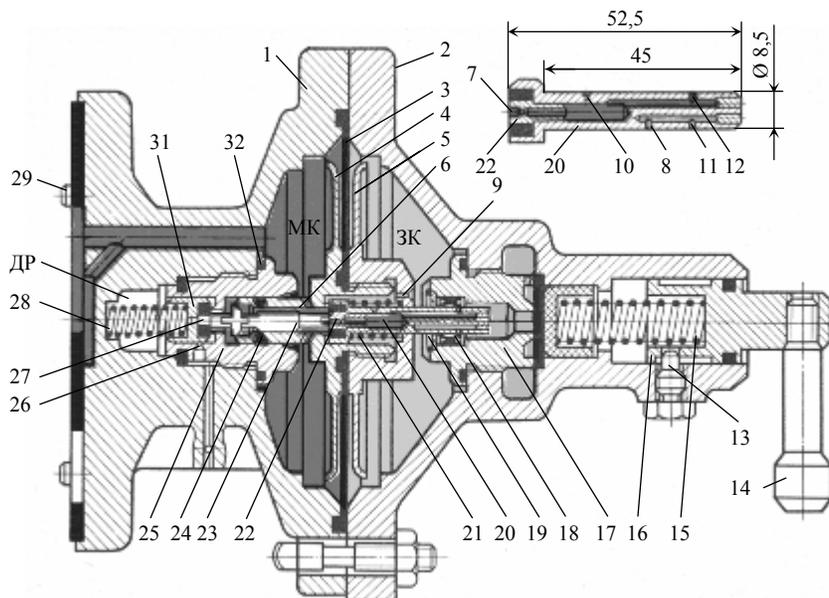


Рисунок 4.19 – Магистральная часть № 270-1000
воздухораспределителя № 270-005-1

Правым концом толкатель 23 взаимодействует с ниппелем 22, запрессованным в плунжере 20, расположенном внутри шайбы 4, на которую на резьбе смонтирована шайба 5. Плунжер 20 подпирается пружиной 21 с усилием около 55 Н. Отверстие 7 в ниппеле 22 лобовой части плунжера имеет диаметр 0,75 мм.

Золотниковая камера ЗК связана с полостью внутри шайб 4 и 5 тремя отверстиями 9 диаметром по 1,2 мм или одним отверстием диаметром 2 мм.

В плунжере 20 имеются внутренние выточки и выходящие наружу дроссельные отверстия: 8 – диаметром 0,3 мм и 10, 11, 12 – диаметром по 0,8 мм. Хвостовик плунжера 20 перемещается в уплотнении из двух манжет 18, закреп-

ленных металлической шайбой и пружинным кольцом 19 в стакане 17. Корпус 1 и крышка 2 соединяются четырьмя барашковыми болтами.

Ручка 14 переключателя горного и равнинного режимов и направляющий болт 13 устроены так, что при повороте ручки вверх упорка 16 поворачивается и пружина 15 сжимается.

Зарядка тормоза происходит после включения воздухораспределителя в заряженную тормозную магистраль или при медленной зарядке тормозной системы всего поезда. Сжатым воздухом наполняются запасный резервуар, золотниковая ЗК и рабочая РК камеры. Предварительно воздух проходит в магистральную камеру МК.

Зарядка запасного резервуара ЗР (рисунок 4.20) происходит через сеточно-фетровый фильтр, затем по каналу 22, калиброванное отверстие 23 диаметром 1,3 мм, обратный клапан и канал к резервуару ЗР. Одновременно воздух попадает внутрь полого штока. При включении в заряженную тормозную магистраль время зарядки резервуара ЗР объемом 78 л составляет 4,5–5 минут до давления 0,48 МПа на всех режимах. При зарядке камеры ЗК воздух из магистральной камеры МК через отверстия 3 в трубчатом отростке левого диска диафрагмы и дроссельное отверстие 4 диаметром 0,75 мм поступает внутрь плунжера 5 и далее через отверстия 6 и 7 в золотниковую камеру. Одновременно из плунжера 5 через отверстие 9 воздух проходит в полость К, на равнинном режиме связанную с рабочей камерой РК, и из нее – через отверстия 10 и 8 диаметром 0,8 мм в плунжере 5 попадает в золотниковую камеру ЗК.

Рабочая камера РК на равнинном режиме заряжается двумя путями: через отверстие 29 диаметром 0,5 мм из камеры ЗК в главной части и из полости К в магистральной части через канал 1. Прогиб режимной диафрагмы 12 происходит после повышения давления в камере РК до 0,25–0,35 МПа, а в камере ЗК – до 0,4–0,45 МПа.

Время зарядки камеры ЗК на равнинном режиме – около 3 мин, а на горном режиме – примерно 2,5 мин. Время зарядки меньше на горном режиме, поскольку прижата диафрагма 12, перекрывая доступ воздуху в канал 1. Зарядка камеры РК на равнинном режиме – 3 мин, а на горном – 4 мин до давления 0,46 МПа. Полная зарядка камер ЗК и РК до давления 0,53–0,55 МПа происходит примерно за 5 мин.

Разрядка медленным темпом (мягкость). Такой процесс необходим при переходе на нормальное зарядное давление после отпуска тормозов повышенным давлением или при ликвидации сверхзарядки тормозной магистрали, чтобы тормоза не пришли в действие. Темп разрядки тормозной магистрали около 0,025 МПа/мин. Воздух выходит из камеры МК в тормозную магистраль (см. рисунок 4.19), а через осевое отверстие 7 в плунжере 20 – из камеры ЗК, поэтому магистральная диафрагма 3 остается в равновесии.

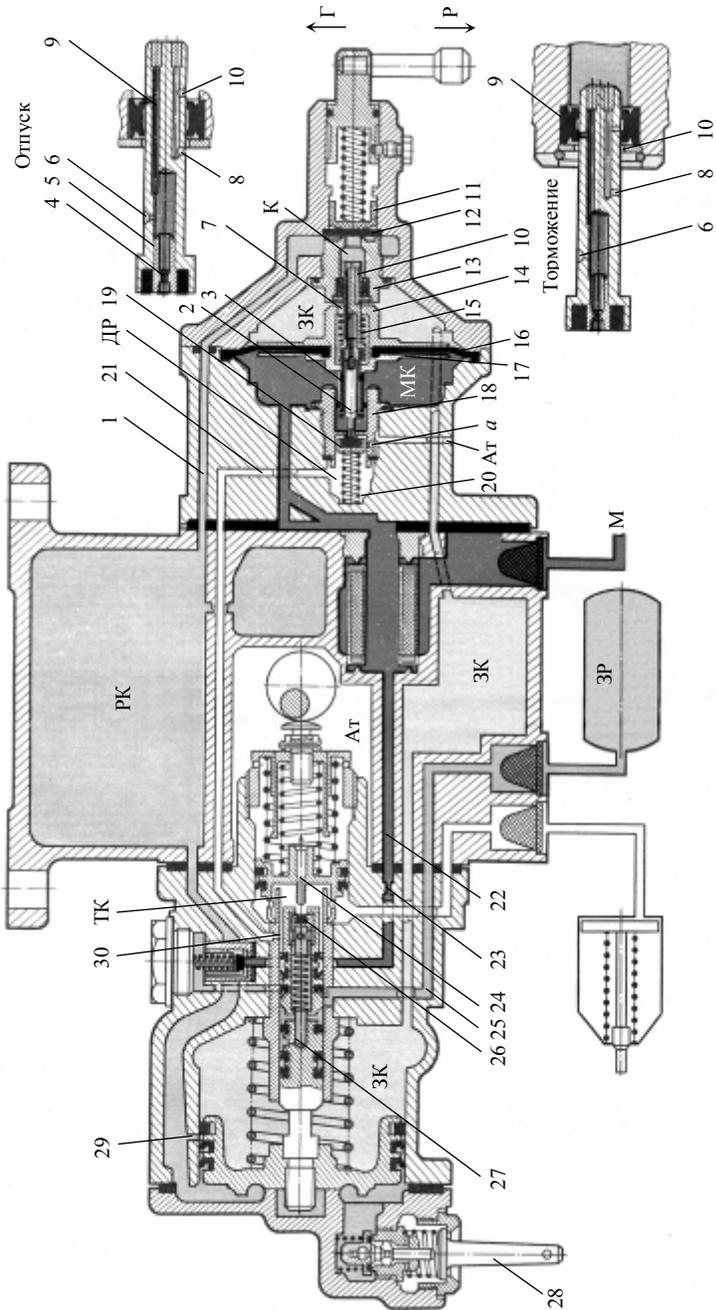


Рисунок 4.20 – Схема воздухораспределителя № 270-005-1

Этому способствует сила трения резинового кольца 24, уплотняющего трубчатый отросток левого диска 4 магистральной диафрагмы. Одновременно воздух из рабочей камеры РК выходит в золотниковую камеру ЗК через отверстие 29 диаметром 0,5 мм (см. рисунок 4.20). На равнинном режиме имеется и второй путь разрядки камеры РК через полость К и отверстия 9 и 6 в плунжере 5.

Торможение. Если кран машиниста производит разрядку тормозной магистрали темпом служебного торможения, то давление в магистральной камере снижается гораздо быстрее, чем в камерах ЗК и РК. В результате на диафрагме 3 возникает перепад давлений, и она отклоняется влево до упора толкателя 23 в клапан дополнительной разрядки 31, который открывается, поскольку пружина 8 слабее пружины 21. Вначале происходит дополнительная разрядка тормозной магистрали в атмосферу через отверстие *a* и по каналу 21 – через отверстие 30 в тормозную камеру ТК и в тормозной цилиндр, а также через ниппель 24 уравнильного поршня – в атмосферную полость внутри двухкамерного резервуара. Отверстия 8, 9 и 10 плунжера уходят за манжеты, изолируя, таким образом, полость К и рабочую камеру от золотниковой камеры, которая продолжает разряжаться.

При дальнейшем передвижении диафрагмы 16 влево плунжер 5 отходит от своего седла, сжимая пружину 15 и открывая выход из камеры ЗК через отверстие 7, далее седло плунжера 5 и отверстия 3, в магистральную камеру МК и тормозную магистраль М. Ввиду разрядки камеры ЗК происходит перемещение главного поршня вправо, так что манжета перекрывает отверстие 29. Это происходит после понижения давления в камере ЗК на 0,04–0,05 МПа. При этом прекращается сообщение рабочей РК и золотниковой ЗК камер между собой, клапан 26 закрывает осевой канал в ниппеле 24, и камера ТК и тормозной цилиндр разобщаются с атмосферой, поскольку канал в ниппеле 24 закрыт. Клапан 26 отжимается от седла, открывая доступ воздуху из полого штока в тормозной цилиндр. Цилиндр наполняется сжатым воздухом из запасного резервуара ЗР. Когда давление в последнем станет меньше давления в магистрали ТМ, происходит его подзарядка через обратный клапан.

Повышение давления в тормозном цилиндре и одновременно в камере ТК ведет к перемещению вправо уравнильного поршня. Величины разрядки золотниковой камеры и перемещения главного поршня определяют величину давления в тормозном цилиндре, величину перемещения уравнильного поршня. Таким образом, давление в тормозном цилиндре зависит от глубины разрядки тормозной магистрали и камеры ЗК и усилия пружин, подпирающих уравнильный поршень, то есть от установившегося режима П, Ср, Гр.

При разрядке тормозной магистрали и камеры ЗК на 0,14–0,15 МПа произойдет полное служебное торможение, поскольку главный поршень переместится на 23–24 мм до упора в торец втулки.

Величина давления при полном служебном торможении на порожнем режиме П – 0,14–0,18 МПа, среднем Ср – 0,28–0,32 МПа, груженом Гр – 0,38–0,43 МПа. Следует отметить, что наполнение тормозного цилиндра происходит в два этапа – ускоренно через четыре отверстия диаметром по 3 мм до 0,18 МПа на груженом режиме и до 0,10–0,12 МПа на порожнем и среднем режимах, а затем темп наполнения ТЦ уменьшается, так как наполнение идет через отверстие 27 диаметром 1,7 мм.

Время наполнения ТЦ до конечного давления составляет на груженом режиме примерно 20, среднем – 12, порожнем – 6 с. Оно зависит от объема тормозного цилиндра, определяемого выходом штока.

При *экстренном торможении* происходит ускоренная и полная разрядка тормозной магистрали головных вагонов. Камера и полости ЗК быстро разряжаются через отверстие 3 в трубчатом отростке левого диска диафрагмы 16, поэтому главный поршень перемещается вправо до упора во втулку. Наполнение тормозного цилиндра на груженом режиме в головной части поезда идет замедленным темпом через отверстие 27. Кроме того, перед началом наполнения происходит задержка подачи воздуха на 4–5 с, пока давление в камере ЗК понизится на 0,04–0,05 МПа и главный поршень переместится в тормозное положение.

В средней части поезда темп разрядки магистрали ТМ меньше, примерно такой, как и при служебном торможении, поэтому наполнение цилиндров ТЦ идет через четыре отверстия диаметром по 3 мм примерно 3–4 с при полном открытии тормозного клапана 26. За это время давление в тормозных цилиндрах повышается до 0,25–0,27 МПа на груженом режиме.

В хвостовой части поезда темп разрядки магистрали ТМ значительно меньше (в 50–60 раз по сравнению с головными вагонами в зависимости от длины поезда), поэтому здесь происходит дросселирование тормозных клапанов из-за медленной разрядки золотниковой камеры ЗК, хотя наполнение цилиндров также идет через четыре отверстия.

Таким образом, по составу поезда время повышения давления в тормозных цилиндрах до давления 0,35 МПа составляет: на головных вагонах – примерно 20 с, в середине состава – 10–15 с, а в хвостовой части снова замедляется до 45–48 с на 90–100-м вагонах. Причем время наполнения зависит от выхода штока, то есть объема рабочей полости тормозного цилиндра, поскольку окончательное наполнение цилиндров идет через отверстие диаметром 1,7 мм. Так как время распространения тормозной волны также играет некоторую роль в развитии тормозной силы, то замедленное наполне-

ние тормозных цилиндров в хвостовой части поезда приводит к большим продольно-динамическим усилиям в поезде.

Перекрышка. По мере выравнивания давлений в камерах МК и ЗК диафрагма 16 перемещается в среднее положение. Закрывается клапан 19, ведущий в канал 21 дополнительной разрядки ДР, и затем тормозной клапан 26, поскольку уравнительный поршень по мере нарастания давления отодвигается, сжимая режимные пружины. В полости ТК и в тормозном цилиндре установится давление, величина которого зависит от глубины разрядки тормозной магистрали, золотниковой камеры и усилия режимных пружин.

При неплотности тормозного цилиндра происходит снижение давления в нем и в камере ТК, поэтому уравнительный поршень движется влево, и ниппель приоткрывает тормозной клапан 26, происходит подпитка тормозного цилиндра из запасного резервуара. Если давление в нем окажется ниже, чем в магистрали ТМ, то откроется обратный клапан, и будет происходить подпитка тормозного цилиндра и запасного резервуара из магистрали.

Отпуск на равнинном режиме. Для отпуска необходимо, чтобы главный поршень двинулся влево, преодолевая давление в камере РК совместным усилием пружины и давления в камере ЗК, или чтобы давление в камерах ЗК и РК выровнялись. Это происходит при отклонении магистральной диафрагмы 16 вправо, когда давление в камере МК повышается темпом не менее 0,08–0,09 МПа/с. При этом плунжер 5 перемещается вправо и отверстия 9 и 10 выходят из-под манжеты, открывая соединение всех трех объемов воздухораспределителя через полость К. По мере выравнивания давлений в камерах ЗК и РК главный поршень перемещается влево, клапан 26 отходит от ниппеля 24, благодаря чему тормозной цилиндр сообщается с атмосферой. При снижении давления в цилиндре и камере ТК уравнительный поршень движется под действием режимных пружин вслед за главным поршнем и полым штоком. Таким образом, темп разрядки тормозного цилиндра зависит от скорости повышения давления в камерах МК и ЗК.

В хвостовой части поезда воздух из камеры РК перетекает в золотниковую камеру и частично в магистраль ТМ. Благодаря этому увеличивается давление в магистрали, выравниваются давления в камерах ЗК и РК и ускоряется процесс отпуска по длине поезда. Время отпуска II положением ручки крана машиниста на груженом режиме составляет 18–25 с.

Отпуск на горном режиме. Поскольку диафрагма 12 прижата режимной пружиной к своему седлу, то перекрыто сообщение полости К с рабочей камерой. Давление в рабочей камере не уменьшается и несколько возрастает при перемещении главного поршня влево в отпускное положение по мере повышения давления в камере ЗК. Полный отпуск происходит при повышении давления в тормозной магистрали почти до зарядного (ниже на 0,015–0,025 МПа).

Основные свойства грузовых воздухораспределителей. В целом грузовые воздухораспределители обладают рядом свойств, обеспечивающих их надежную работу в поездах:

– неистошимость (прямодействие) обеспечивается постоянной подпиткой запасного резервуара из тормозной магистрали. Это качество воздухораспределители сохраняют во всем диапазоне служебных торможений. Только при экстренном торможении, когда производится быстрая и полная разрядка тормозной магистрали, это свойство пропадает;

– наличие трех грузовых режимов, которые могут включаться в зависимости от величины загрузки вагона и типа тормозных колодок:

Режим	Давление в тормозных цилиндрах, МПа (кгс/см ²)	Нагрузка вагона, т/ось	Время наполнения тормозного цилиндра при ПСТ, с
Порожний	0,14–0,18 (1,4–1,8)	< 3	4–6
Средний	0,28–0,32 (2,8–3,2)	3–6	8–11
Груженный	0,38–0,43 (3,8–4,3)	> 6*	13–18

* Для вагонов с чугунными колодками. Для вагонов с композиционными колодками режим устанавливается на порядок ниже.

– давление в тормозном цилиндре не зависит от выхода штока;
 – наполнение тормозного цилиндра происходит в два этапа: *a* – скачок давления; *б* – замедленное наполнение до максимального давления (рисунок 4.21);

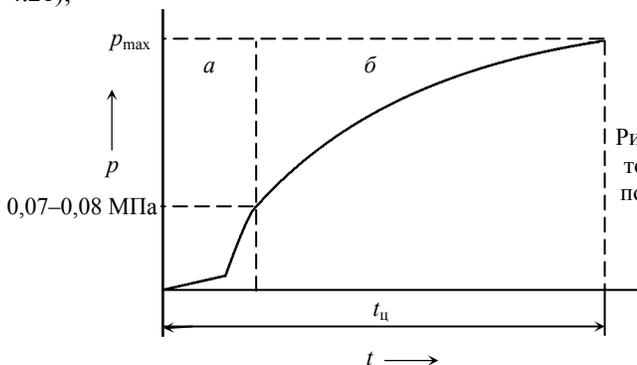


Рисунок 4.21 – Наполнение тормозного цилиндра при полном служебном торможении

– воздухораспределители имеют два режима отпуска – равнинный и горный. На равнинном режиме отпуск тормоза легкий, бесступенчатый, при повышении давления после торможения на $0,015-0,030$ МПа; на горном – ступенчатый, полный отпуск происходит при повышении давления в тормозной магистрали почти до зарядного, на $0,02$ МПа ниже предтормозного;

– воздухораспределители работают без ускорителей экстренного торможения. Воздухораспределитель № 270-002 имел ускоритель, однако он был выключен, поскольку усложнял маневровую работу – при каждой прицепке вагона с незаряженной тормозной магистралью происходит срабатывание ускорителей в поезде. Кроме того, при неисправностях воздухораспределителей возможно их срабатывание при служебном торможении;

– стандартность действия при торможении – независимость времени наполнения тормозных цилиндров от их объема.

Воздухораспределители должны четко срабатывать на торможение при снижении давления в ТМ темпом быстрее 0,006 МПа/с, или 0,36 МПа/мин.

4.4 Пути совершенствования грузовых воздухораспределителей

Оснащение подвижного состава новыми типами воздухораспределителей представляет собой длительный процесс, который связан с необходимостью переоборудования на новые приборы сотен тысяч грузовых вагонов. При этом требуется соблюдать взаимозаменяемость нового тормозного оборудования с действующими приборами.

В настоящее время прослеживаются два направления в развитии конструкций воздухораспределителей: европейское, основанное на приборах с клапанно-диафрагменными конструкциями (по этому направлению развиваются и российские воздухораспределители), и североамериканское, использующее приборы, разработанные в США по стандартам AAR, в которых сохранены металлические золотники в сочетании с резиновыми диафрагмами, клапанами и манжетами. При наличии надлежащей системы смазки золотниковые конструкции надежно работают по 8–10 лет. Перспективным направлением развития таких конструкций является создание специальных покрытий для золотниковых поверхностей, обеспечивающих нормальную работу в течение многих лет без смазки и минимальный коэффициент трения до 0,03.

Главной проблемой в создании приборов, работающих в суровых климатических условиях (до минус 60 °С), является применение морозостойких резин. Учитывая, что подвижной состав Беларуси работает без ограничений на дорогах России, достижение для тормозного оборудования межремонтных сроков более 6–8 лет проблематично, так как резиновые детали утрачивают свои качества при таких сроках службы в условиях низких температур в районах Севера и Востока России.

В связи с намечающимся повышением осевых нагрузок отдельных видов подвижного состава до 25–30 т/ось и ростом скоростей движения некоторых

грузовых поездов до 140–160 км/ч планируется проведение работ по созданию воздухораспределителей, предназначенных для вагонов в таких поездах. Для ускоренных грузовых поездов необходимо применение воздухораспределителей с особым режимом, обеспечивающим быстрое наполнение тормозных цилиндров, как у пассажирских приборов, однако с замедленным отпуском. Наиболее отвечают этому требованию электропневматические тормоза.

Очевидно, следует отказаться от применения одинаковой системы тормозов на всех грузовых вагонах, предусмотрев возможность следования скоростного подвижного состава в случае необходимости в обычных грузовых поездах.

В связи с различной шириной колеи в Западной Европе – 1435 мм и странах СНГ – 1520 мм большая работа проводится по созданию колесных пар с устройствами для изменения ширины колеи. Одновременно на таких вагонах должны применяться тормозные устройства, отвечающие требованиям Международного союза железных дорог (МСЖД, по западноевропейской классификации – UIC).

Под руководством В. Г. Иноземцева разработан комбинированный воздухораспределитель, сочетающий в себе свойства испытанных компонентов тормозных систем с приборами № 483 и КЕ и приспособленный для работы в суровых климатических условиях.

5 ВОЗДУШНЫЕ ТОРМОЗА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

5.1 Общие сведения об электропневматических тормозах

Воздушные тормоза, имеющие механическую силовую часть и управляемые при помощи электрического тока, называют *электропневматическими тормозами* (ЭПТ).

На наших железных дорогах распространение получил ЭПТ прямодействующего типа, работающий с разрядкой или без разрядки тормозной магистрали. Эти тормоза обладают свойством одновременности срабатывания по длине поезда и возможности четкого ступенчатого отпуска. Электропневматическими тормозами оснащен практически весь пассажирский подвижной состав и пригородные поезда железных дорог стран бывшего СССР. Разработана и нашла некоторое применение схема ЭПТ для грузовых поездов.

Основные преимущества ЭПТ по эффективности торможения заключаются в уменьшении времени подготовки к действию, одновременном срабатывании тормозов по длине поезда и, как следствие, уменьшении продольно-динамических усилий в межвагонных соединениях. Эти факторы способствуют сокращению длины тормозного пути и времени торможения.

Различные системы ЭПТ отличаются количеством линейных проводов и пневматических магистралей в поезде, а также принципом действия – срабатывают при подаче электрического тока в цепь тормоза или, наоборот, при снятии напряжения.

На пассажирском подвижном составе наших дорог применяют двухпроводный ЭПТ с использованием в качестве обратного провода рельсов железнодорожного пути. Тормоз срабатывает при подаче в цепь управления постоянного тока.

Пригородные поезда оснащаются многопроводными электрическими системами, в частности, используются 4, 5 и 6-проводные тормоза. Для грузовых поездов разработан однопроводный тормоз, в котором в качестве обратного провода используются кузова вагонов и рельсовая цепь.

Контроль неразрывности тормозной системы осуществляется в отпущенном состоянии (одно- и двухпроводного тормоза) переменным током высокой частоты (625 Гц) напряжением 50 или 75 В, а при торможении – рабочим постоянным током напряжением 50 или 150 В в грузовом поезде. Частота 625 Гц переменного контрольного тока выбрана для того, чтобы не

допустить вмешательства в рельсовые цепи сигнализации и блокировки, которые работают на более низкой частоте.

Назначение проводов в пассажирском поезде (рисунок 5.1): № 1 – рабочий, предназначенный для управления электровоздухораспределителями; № 2 – контрольный, для передачи сигнала машинисту об исправности электрической цепи управления. В качестве обратного провода используются рельсы железнодорожного пути и металлические корпуса вагонов, соединенные автосцепками. На хвостовом вагоне провода 1 и 2 замкнуты между собой, а на локомотиве – разомкнуты, к ним подключена аппаратура управления электропневматическим тормозом.

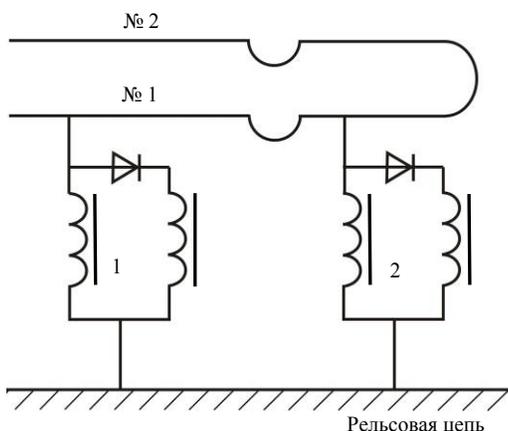


Рисунок 5.1 – Соединение электрических цепей в хвосте пассажирского поезда:

1, 2 – электровоздухораспределители предпоследнего и последнего вагонов; № 1 и 2 – рабочий и контрольный провода

В состав тормозного оборудования пассажирского вагона входят воздухо-распределители № 292М и электровоздухораспределители: № 305-000 – на пассажирских вагонах; № 305-001 – на мотор-вагонных поездах; № 305-002 – на вагонах электропоезда ЭР-22.

Ранее, в 1947–1961 гг., применялись воздухо-распределители № 292 и электровоздухораспределители № 170.

На скоростном подвижном составе, оборудованном магнитно-рельсовыми тормозами, применяют комбинированные электровозду-

хораспределители № 371.

Для управления работой электропневматического тормоза используются двух- или многопроводная электрическая магистраль и соединительные рукава специальной конструкции.

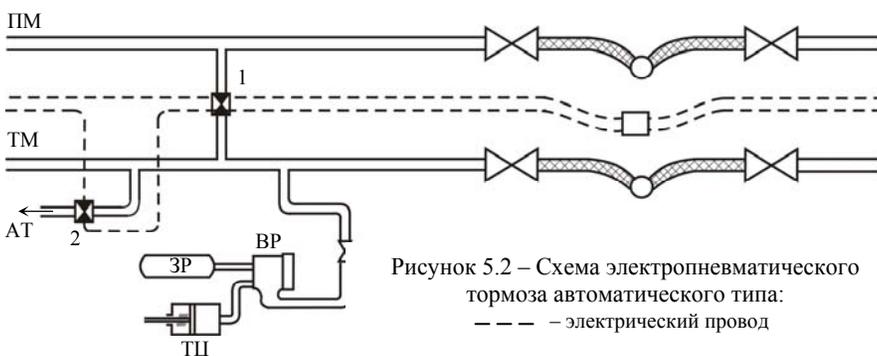
Краны машиниста № 328, 395 и 334Э для управления электропневматическими тормозами оборудованы специальными контроллерами. В настоящее время преимущественно применяют краны № 395 различных модификаций с двумя и тремя микропереключателями.

Электропневматические тормоза, используемые на железных дорогах стран бывшего СССР, – неавтоматические, то есть при отключении цепи пи-

тания или разрыве поезда происходит отпуск тормоза. Поэтому при необходимости торможения с остановкой пассажирского поезда, как правило, производят торможение с разрядкой тормозной магистрали, когда срабатывает и пассажирский воздухораспределитель № 292, используемый в качестве резервного. В этом случае обеспечивается автоматичность действия тормоза.

Зарядка запасных резервуаров происходит через воздухораспределитель, а торможение – при подаче соответствующего электрического сигнала в тормозную цепь, при этом возбуждаются или, наоборот, обесточиваются катушки электропневмовентилей, которые обеспечивают сообщение тормозных цилиндров с атмосферой (при отпуске) или с запасными резервуарами (при торможении).

Существуют ЭПТ автоматического типа с питательной и тормозной магистралями и обязательной разрядкой тормозной магистрали при торможении (рисунок 5.2). Такие тормоза применяются на некоторых железных дорогах Западной Европы и США. В этом тормозе применяются воздухораспределители обычного типа.



Торможение осуществляется путем разрядки тормозной магистрали в атмосферу электропневмовентильями 2, установленными на каждом вагоне. Отпуск происходит в результате сообщения тормозной магистрали ТМ с питательной ПМ через электропневмовентили 1. Вентили 2 в это время закрыты. Подачей воздуха в тормозные цилиндры и отпуском тормоза управляют воздухораспределители, как у пневматических тормозов.

Для грузовых поездов на дорогах стран СНГ разработана схема однопроводного электропневматического тормоза (рисунок 5.3). Рабочий провод является и контрольным. В качестве обратного провода используются рельсы и кузова вагонов. Ввиду значительной длины поезда повышена величина управляющего постоянного напряжения (до 150 В). Контрольный ток – переменный напряжением 75 В, частотой 625 Гц.

Для контроля целостности цепи при однопроводном тормозе на хвостовом вагоне навешивается концевой блок контроля 9 в виде электронного генератора. Вырабатываемые им импульсы переменного тока частотой $f = 625$ Гц направляются в цепь провод – рельсы, улавливаются приемными устройствами локомотива и обеспечивают контроль целостности электрической цепи и смену показаний лампового сигнализатора на локомотиве.

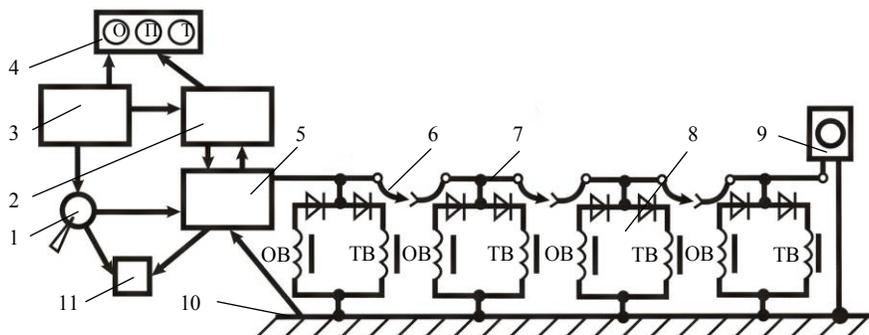


Рисунок 5.3 – Структурная схема опытного однопроводного ЭПТ грузового поезда:

1 – кран машиниста с контроллером; 2 – блок питания; 3 – аккумуляторная батарея локомотива; 4 – сигнализатор; 5 – блок управления; 6 – межвагонное соединение; 7 – линейный провод; 8 – электровоздухораспределитель; 9 – концевой блок контроля; 10 – обратный провод (рельс); 11 – устройство замещения

В случае отказа ЭПТ, например при обрыве провода, происходит замещение ЭПТ пневматическим тормозом.

Имеется и более простая схема однопроводного ЭПТ для грузовых поездов. Вместо генератора в концевом блоке контроля на хвостовом вагоне провод ЭПТ замыкается с рельсовой цепью через конденсатор (рисунок 5.4, в). При торможении в линейный провод подаются постоянный и переменный токи для управления тормозом и контроля. При перекрыше полярность постоянного тока меняется, а при отпуске в цепи остается только переменный ток.

Благодаря раздельному питанию катушек вентилях отпуску ОВ и торможения ТВ меньше мощность, потребляемая тормозом.

В качестве исполнительных приборов на вагонах грузового парка служит приставка № 270-004 к воздухораспределителю № 483.

На железных дорогах США и некоторых других государств для грузового подвижного состава используется система электронно-пневматических

тормозов, работающих по радио или проводной связи. Для этой цели могут использоваться стандартизованные приемопередатчики PLT-22, которые работают совместно с электровоздухораспределителями, а также контрольные клапаны EP-60 двухрежимной системы – пневмо- и электропневмотормозов.

Для управления тормозами в двухпроводной сети используется постоянный ток напряжением 230 В.

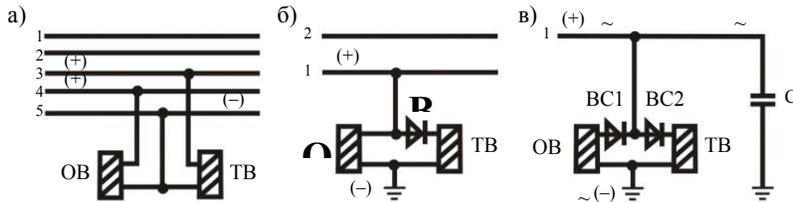


Рисунок 5.4 – Принципиальные схемы электрического управления электропневматическими тормозами:

a – пятипроводная; *б* – двухпроводная; *в* – однопроводная; ОВ – отпускной вентиль; ТВ – тормозной вентиль; ВС – полупроводниковый элемент; С – конденсатор

Другой вариант системы ЭПТ – EP2002 предусматривает объединение в одном устройстве пневматической части, электронной аппаратуры и программного обеспечения – электровоздухораспределитель RBX4. Использование этих приборов позволяет осуществлять автоматическое определение величины тормозного нажатия, а если связать их с авторежимом, то и регулирование силы нажатия тормозных элементов.

Электропневматические тормоза обладают рядом существенных *достоинств* по сравнению с обычными пневматическими тормозами.

1 Скорость тормозной волны не зависит от длины поезда и определяется инерцией пневматических устройств электровоздухораспределителей.

2 Повышенная плавность торможения, поскольку все вагоны в поезде затормаживают одновременно, ведет к существенному сокращению тормозных путей.

3 Снижение продольно-динамических усилий в поезде. При массе поездов до 10000 т продольные усилия в поезде при пневматическом управлении достигают 3000 кН, а при торможении ЭПТ – 500–1000 кН.

4 Повышение управляемости тормозами за счет:

а) увеличения неистощимости тормоза, поскольку возможно торможение без разрядки тормозной магистрали;

б) возможности получения четких ступеней торможения и отпуска, одинаковых по длине состава.

Наряду с преимуществами электропневматические тормоза имеют и ряд *недостатков*, препятствующих их повсеместному внедрению (например, в Западной Европе большинство пассажирских поездов работают на пневматическом торможении):

1 Необходимость прокладки дополнительной электрической магистрали по всей длине поезда, что усложняет модернизацию существующей системы и затрудняет внедрение ЭПТ на грузовых вагонах.

2 Неавтоматичность действия ЭПТ, принятого на отечественных железных дорогах.

3 Случаи отказов ЭПТ из-за повреждения электрической цепи.

4 Общее увеличение стоимости тормозной системы, особенно ошутимое при массовом внедрении ЭПТ.

5 Электронно-пневматические тормоза требуют обеспечения электрического питания исполнительных устройств и значительно усложняют и удорожают конструкцию тормоза.

5.2 Конструкция электровоздухораспределителей

Применяемые в настоящее время на пассажирских вагонах и локомотивах приборы № 305-000, а на мотор-вагонном подвижном составе – № 305-001 и 305-002, различаются только схемой включения в электрическую цепь управления тормозами и диаметром дроссельных отверстий в седле отпускового клапана, а № 305-002, кроме того, – конструкцией тормозного вентиля.

Электровоздухораспределитель № 305 массой 11,5 кг всех модификаций состоит из четырех основных узлов (рисунок 5.5): электрическая часть, рабочая камера, пневматическое реле и переключательный клапан.

Электрическая часть содержит электропневматические клапаны (ОВ и ТВ – отпусковой и тормозной вентили). Отпусковой вентиль ОВ часто называют вентилем перекрыши и обозначают ВП. Эти клапаны регулируют изменение подачи и выпуска сжатого воздуха из рабочих объемов воздухораспределителя в зависимости от возбуждения током. Катушки клапанов приборов № 305-000, 305-001 и 305-002 рассчитаны на напряжение постоянного тока 50 В, имеют мощность около 7 Вт и следующие характеристики: число витков $w = 6000$; активное сопротивление $r = 360_{-40}^{+20}$ Ом при ампер-витках $wI = 835$ А.

Обесточенная катушка отпускового вентиля ОВ обеспечивает открытое положение клапана, то есть сообщение полости над диафрагмой и рабочей камеры с атмосферой. Клапан тормозного вентиля ТВ при обесточенной катушке закрыт.

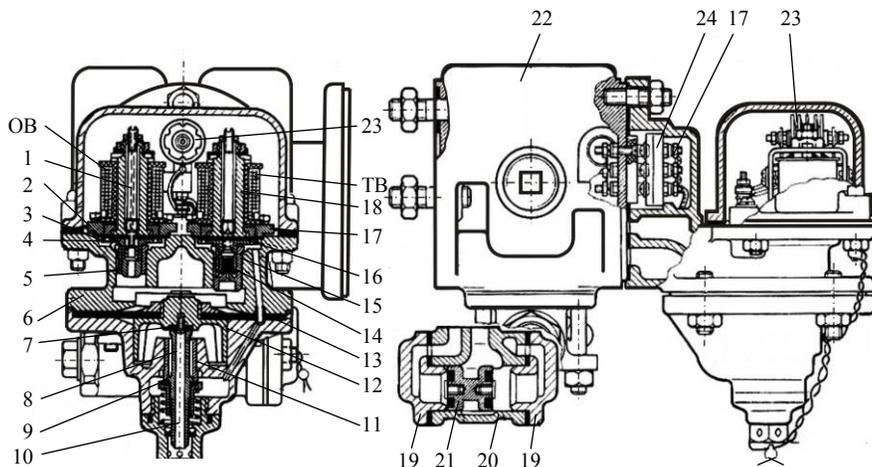


Рисунок 5.5 – Электровоздухораспределитель № 305

Катушки вентиля OB и ТВ отделены от клапанов стальными дисками (диафрагмами) диаметром 55 мм. В диафрагму под вентиля OB встроены ниппель с отверстием $\varnothing 1,3$ мм, которым при отпуске соединяется осевой канал в винте 1 (см. рисунок 5.5) с полостью над диафрагмой и рабочей камерой.

Прохождение постоянного тока прямой или обратной полярности обеспечивается селеновыми диодами, которые включаются в электрическую цепь воздухораспределителя. На рисунке 5.4, б показана схема включения катушек в двухпроводном тормозе.

При подаче в провод № 1 постоянного напряжения прямой полярности (+), а в рельсы (-) возбуждаются обе катушки ТВ и OB, а при подаче напряжения обратной полярности (-) в проводе и (+) в рельсовой цепи возбуждается катушка отпускного вентиля OB. Селеновый выпрямитель BC не пропускает ток обратной полярности.

В случае прохождения переменного тока катушки не возбуждаются, так как имеют большое индуктивное сопротивление.

В однопроводном электропневматическом тормозе применяется схема с двумя селеновыми диодами (см. рисунок 5.3), которая обеспечивает срабатывание в каждом случае только одного вентиля (возбуждение одной катушки). Такая схема обеспечивает меньший расход электроэнергии при торможении.

В многопроводных электропневматических тормозах применяется схема без полупроводниковых диодов. Например, особенностью электровоздухо-

распределителя № 305-001 является отсутствие селеновых диодов. Управление прибором осуществляется по трем проводам. С отдельным питанием вентилей спроектирован распределитель № 305-002. Якорь тормозного вентиля ТВ у этого прибора составной, образующий встречнодействующие клапаны при впуске и выпуске воздуха.

Применяемые на мотор-вагонном подвижном составе приборы № 305-001 имеют многопроводную систему управления, поскольку вагоны этих поездов практически не расцепляются, и межвагонные соединения имеют специальные многоконтактные разъемы, объединенные с общими электрическими цепями управления поездом. Эти тормоза работают с высокой степенью надежности.

Аналогичные электровоздухораспределителям № 305-001 по электрической схеме прибор № 305-003, рассчитанный на напряжение постоянного тока 110 В, и № 305-004, имеющий измененную клапанную часть и выпрямитель со средней точкой, обеспечивающей отдельное возбуждение вентилей, подобно прибору № 305-002.

Электрическая часть (см. рисунок 5.5) закрыта сверху крышкой, установленной на корпусе 6 через резиновую прокладку 2. Клапан отпускового вентиля ОВ (вентиля перекрыши) смонтирован в направляющем седле 5, а атмосферный канал 10 расположен в пустотелом стержне 8, образующем зазор со втулкой 11, и может перекрываться клапаном 7.

Обмотки вентилей электрической части намотаны на сердечниках 18 электромагнитов ОВ и ТВ. Регулировочный винт 1 (полюс в катушке вентиля ОВ) предназначен для регулировки времени перетекания воздуха из полости над диафрагмой 13 в атмосферу.

Между вентилями ОВ и ТВ устанавливается селеновый выпрямитель 23.

Рабочая камера 22 объемом 1,5–1,6 л является управляющим резервуаром пневматического реле, кроме того, она предназначена для установки на ней электрической части с пневматическим реле, воздухораспределителя № 292 и переключающего клапана 20. Четвертым фланцем рабочая камера крепится к тормозному цилиндру или к специальному кронштейну. На фланце, которым электрическая часть крепится к рабочей камере, имеется переключающая колодка 24 с тремя автоматическими зажимами – электроконтактами 17. При двухпроводной схеме управления электровоздухораспределителем используется один зажим.

Пневматическое реле клапанно-диафрагменного типа является рабочим органом электровоздухораспределителя и установлено на корпусе 6 электрической части 4. Между реле и корпусом зажата резиновая диафрагма 13, закрепленная по внутреннему периметру гайкой на направляющем стакане 12. Стакан имеет резиновое уплотнение 7 атмосферного канала 10 реле. По-

лость под диафрагмой 13 сообщена с тормозным цилиндром через переключательный клапан 20, а полость над диафрагмой – с вентилями электрической части и с рабочей камерой 22. Полость под диафрагмой 13 может сообщаться с атмосферой через открытый клапан 10 реле или через воздухо-распределитель, в зависимости от того, в каком положении находится двухседельчатый переключательный клапан 21. Запасный резервуар может сообщаться с тормозным цилиндром через питательный клапан 9 и клапан 21, который предназначен для переключения тормозных каналов электровоздухораспределителя и воздухо-распределителя, в зависимости от способа управления тормозами – электрического или пневматического. Он состоит из корпуса и крышек 19 с седлами клапана и непосредственно двухстороннего клапана 21 с резиновыми уплотнительными кольцами. Переключательный клапан прикреплен к рабочей камере 22 на шпильках через резиновую прокладку.

Тормозной клапан 14 может перемещаться во втулке 15 вместе с направляющей якоря 16, а в отпуском вентиле ОВ открытие клапана происходит при перемещении металлической диафрагмы 3 и направляющей части 4.

5.3 Действие электровоздухораспределителя № 305-000

Зарядка. При зарядке тормоза сжатым воздухом, поскольку ручка крана машиниста находится в положении I или II, в рабочем и контрольном проводах протекает переменный ток частотой $f = 625$ Гц. Индуктивное сопротивление обеих катушек $X_L = 2\pi fL$ достаточно велико, поэтому электромагнитный вентиль ОВ открыт, а ТВ закрыт, хотя через них и проходит переменный ток контроля состояния электрической цепи тормоза. Поскольку в тормозную магистраль поезда поступает сжатый воздух, происходит зарядка (рисунок 5.6) запасных резервуаров 1 через воздухо-распределитель 2. Рабочая камера 4 и полость 5 над диафрагмой сообщены с атмосферой через клапан ОВ. С атмосферой соединен и тормозной цилиндр 3 через канал 7 переключательного клапана и воздухо-распределитель 2 или через второй канал 6 переключательного клапана и атмосферный канал 9 пневматического реле (при наличии воздуха в ТЦ).

Торможение. В рабочий провод № 1 и на зажимы катушек вентиляей ОВ и ТВ подается постоянное напряжение прямой полярности (+50 В), в результате обе катушки возбуждаются, их якоря притягиваются к сердечникам. Клапан вентиля ОВ закрывается, разобщая полость 5 над диафрагмой пневмореле и рабочую камеру 4 с атмосферой. (Это сообщение происходило через канал в оси регулировочного винта клапана ОВ). Клапан вентиля ТВ

открывается, сообщая полость 5 и камеру РК с запасным резервуаром ЗР. Давление в камере РК и в полости 5 повышается и диафрагма прогибается вниз на 2,5–3,5 мм, открывая питательный клапан 8 пневмореле и одновременно закрывая атмосферный канал 9. Через открытый клапан 8 воздух поступает в переключатель ПК, перемещая его клапан в левое (по чертежу) положение и далее – в тормозной цилиндр ТЦ.

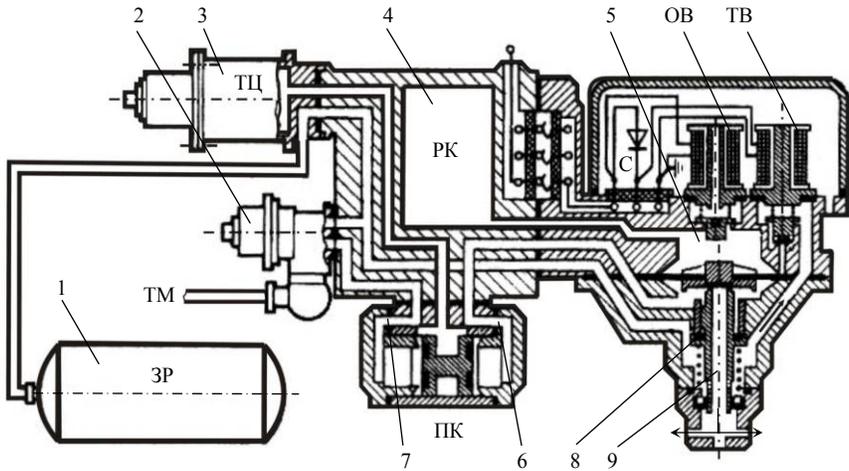


Рисунок 5.6 – Схема электровоздухораспределителя № 305 (зарядка)

Время наполнения цилиндра ТЦ и величина давления в нем зависят от объема рабочей камеры РК и диаметра калиброванного отверстия в седле тормозного вентиля. Величина давления определяется временем возбуждения катушек вентилях ОБ и ТВ. Калиброванное отверстие в седле тормозного вентиля ТВ диаметром 1,8 мм позволяет создать в камере РК и тормозном цилиндре давление 0,3 МПа за 2,5–3,5 с. Это время на разных вагонах не одинаково, что объясняется допусками на диаметр дроссельного отверстия и различной чувствительностью вентилях ТВ к открытию. Чувствительность зависит от величины воздушного зазора (рисунок 5.7) между якорем 3 и стальным диском 2 и усилия пружины 4, прижимающей якорь 3 с резиновым кольцом к седлу тормозного вентиля. Зазор регулируют при ремонте электровоздухораспределителей винтом 1.

Полость 5 над диафрагмой (рисунок 5.8) связана с рабочей камерой, по мере повышения давления диафрагма прогибается, при этом открывается клапан 8 и сжатый воздух из запасного резервуара поступает под диафрагму и в тормозной цилиндр ТЦ через переключательный клапан.

Давление в тормозном цилиндре повышается таким же темпом, как и в камере РК, независимо от объема цилиндра. Это объясняется тем, что каналы, сообщающие запасный резервуар ЗР с тормозным цилиндром ТЦ, имеют достаточно большое сечение. Однако при первой ступени торможения, когда объем рабочей полости ТЦ увеличивается с перемещением поршня, давление в нем повышается медленнее, чем в камере РК, поэтому первую ступень торможения устанавливают при давлении $p_{ц} = 0,08 \dots 0,15$ МПа, чтобы преодолеть усилие возвратной пружины тормозного цилиндра.

Машинист контролирует величину давления в ТЦ по показаниям манометра, установленного на локомотиве. После достижения требуемой величины давления ручку крана машиниста переводят в положение перекрыши.

При торможении без разрядки ТМ величина конечного давления в ТЦ не зависит от выхода штока и возможных утечек в системе тормоза, так как диафрагма пневмореле регулирует величину открытия впускного клапана 8, уплотненного резиновым кольцом. В то же время чрезмерный выход штока тормозного цилиндра замедляет наполнение рабочей камеры и самого цилиндра, поскольку они питаются сжатым воздухом из запасного резервуара, наполнение которого происходит из тормозной магистрали через калиброванные отверстия в магистральной камере воздухораспределителя № 292.

При экстренном торможении происходит полная разрядка тормозной магистрали, и величина давления в тормозных цилиндрах определяется объемами запасного резервуара и тормозного цилиндра. Она может оказаться ниже, чем при полном служебном торможении.

Перекрыши. Прекращение повышения давления в ТЦ при ступени или полном торможении осуществляется переводом ручки КМ в положение перекрыши. При этом происходит переключение электрической цепи и меняется полярность электрического тока: в проводе № 1 – «минус», а в рельсовой цепи – «плюс» постоянного тока. В результате закрывается клапан ТВ, поскольку обесточивается его катушка, так как селеновый вентиль С не пропускает ток обратной полярности, а катушка клапана ОВ продолжает оставаться под

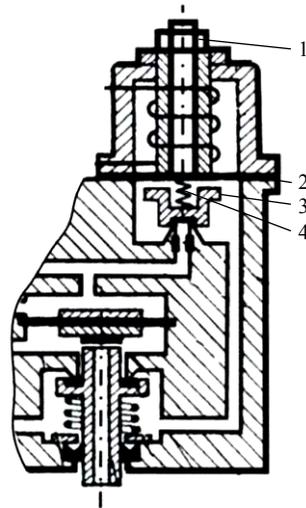


Рисунок 5.7 – Тормозной вентиль и пневмореле электровоздухораспределителя № 305-000 и 305-001

током, хотя его полярность изменилась, и клапан ОВ остается закрытым. Тем самым осуществляется фиксация давления в рабочей камере и соответственно в тормозном цилиндре.

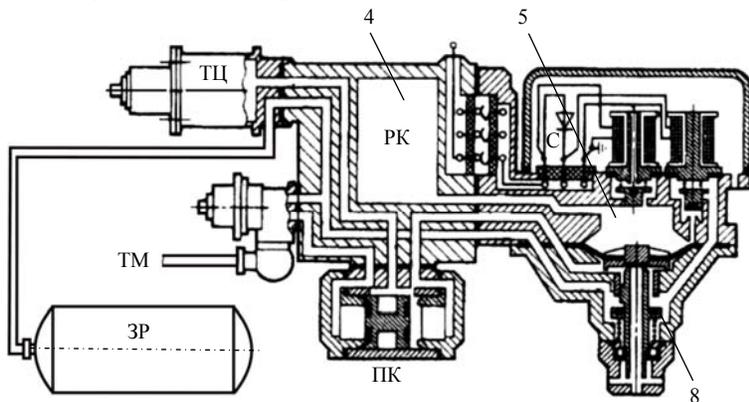


Рисунок 5.8 – Схема электровоздухораспределителя № 305 (торможение)

При ступенчатом торможении попеременным переводом ручки КМ в положение торможения VЭ или V и затем – в положение IV или III производится постепенное повышение давления в тормозных цилиндрах до величины при ступени торможения примерно 0,05 МПа за 0,5 с. Соответственно, число кратковременных возбуждений катушки клапана ТВ определяет число ступеней торможения, а их длительность – величину ступени.

Конечная величина давления в тормозных цилиндрах не зависит от величины выхода штока и допускаемых утечек из цилиндра.

Максимальная величина давления в тормозных цилиндрах может быть получена при торможении положением VЭ без разрядки тормозной магистрали, когда происходит ее подпитка краном машиниста.

После постановки ручки КМ в положение III – перекрыша без питания максимальное давление в ТЦ определяется объемом запасного резервуара и рабочей полости тормозного цилиндра:

$$p_{\text{ц}} = \frac{p_{\text{зр}} V_{\text{зр}}}{V_{\text{зр}} + V_{\text{ц}}},$$

где $p_{\text{ц}}$ – давление в цилиндре;

$V_{\text{зр}}$ – объем запасного резервуара;

$V_{\text{ц}}$ – объем цилиндра.

После торможения положением ВЭ при подпитке ТМ краном машиниста в IV положении давление в ТЦ может достигнуть величины зарядного давления в тормозной магистрали.

В многоцилиндровых тормозных системах электровоздухораспределитель наполняет сжатым воздухом постоянный объем, равный объему тормозного цилиндра, поэтому возможно более четкое регулирование давления в тормозных цилиндрах при первой ступени торможения.

Отпуск тормоза (рисунок 5.9). При отпуске постоянный ток в проводах № 1 и 2 отсутствует. В электрической цепи переменный ток контроля частотой 625 Гц, который не приводит в действие вентили ОВ и ТВ, и якоря под действием пружин и собственного веса опадают. Поскольку вентиль ОВ открыт, то происходит разрядка рабочей камеры РК и полости над диафрагмой пневмореле в атмосферу через калиброванное отверстие диаметром 1,3 мм и осевой канал в винте этого вентиля. Диаметр калиброванного отверстия обеспечивает разрядку рабочей камеры объемом 1,5 л с давления 0,35–0,4 МПа за 8–10 с.

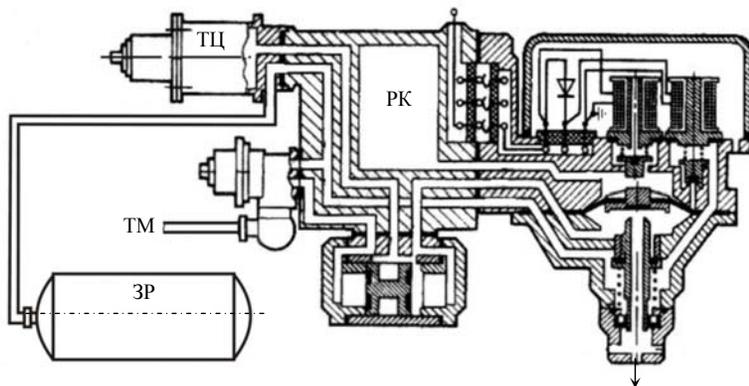


Рисунок 5.9 – Схема электровоздухораспределителя № 305 (отпуск)

В электровоздухораспределителях, применяемых на мотор-вагонном подвижном составе (№ 305-001, 305-002), диаметр отверстия составляет 2,0 мм и отпуск происходит за 3,5–4,5 с.

В соответствии со снижением давления в рабочей камере происходит подъем диафрагмы пневмореле и открытие атмосферного клапана в цоколе пневмореле, через который разряжается тормозной цилиндр. Величина откры-

тия клапана и темп разрядки тормозного цилиндра зависят от выхода штока, то есть от объема рабочей полости цилиндра.

Процесс отпуска можно в любой момент прервать, получив в тормозном цилиндре требуемую величину давления и поставив ручку крана машиниста в положение перекрыши, то есть отпуск можно производить полный или ступенчатый. Для получения ступенчатого отпуска ручка КМ переводится из положения VЭ в положение III или IV. На рисунке 5.10 приведена индикаторная диаграмма работы электровоздухораспределителя № 305.

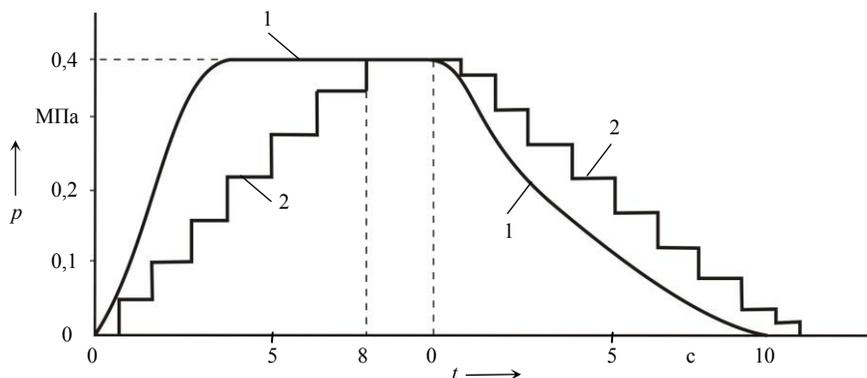


Рисунок 5.10 – Диаграмма изменения давления в тормозных цилиндрах при действии ЭВР:

1 – полное торможение и бесступенчатый отпуск; 2 – ступенчатое торможение и ступенчатый отпуск

При управлении ЭПТ без разрядки тормозной магистрали повышается неистощимость тормозов и снижается расход воздуха, но при снятии напряжения в цепи управления при торможении происходит частичный отпуск тормозов до перевода их на пневматическое управление (положение V КМ), то есть до срабатывания воздухораспределителей № 292. Поэтому при подходе к местам остановки и запрещающим сигналам торможение производят с разрядкой тормозной магистрали.

При малых ступенях торможения (снижение давления в магистрали на 0,05–0,06 МПа) положением V ручки КМ, возможно, пневматический воздухораспределитель № 292 не сработает на торможение ввиду быстрого и глубокого снижения давления в запасном резервуаре, а значит, и в золотниковой камере, при действии ЭПТ. Тормозной цилиндр наполняется сжатым воздухом из запасного резервуара от электровоздухораспределителя № 305,

и давление в магистральной камере, которая связана с тормозной магистралью поезда, оказывается выше, чем в золотниковой камере.

5.4 Действие электровоздухораспределителя № 305-002

На некоторых электропоездах, в частности на поездах ЭР22 с рекуперативно-реостатным тормозом, электропневматический тормоз, кроме своего прямого назначения, при электрическом торможении затормаживает все прицепные вагоны и автоматически замещает электрический тормоз при его ослаблении на малых скоростях. На вагонах электропоезда монтируются электровоздухораспределители № 305-002. Этот прибор отличается конструкцией клапана в тормозном вентиле и схемой включения катушек, имеющих раздельное питание в процессе торможения, когда питание подается на катушку тормозного вентиля ТВ, а при перекрыше – на катушку вентиля ОВ. Благодаря этому уменьшается нагрузка на питающий блок тормоза, снижается падение напряжения по длине поезда и повышается надежность срабатывания тормозов.

Вентиль торможения ТВ выполнен двойного действия, в его состав входят впускной и выпускной клапаны (рисунок 5.11). Кроме того, в цепи катушек вентилей включены полупроводниковые диоды (селеновые выпрямители или кремниевые диоды).

Зарядка. При зарядке тормоза сжатым воздухом в рабочем проводе проходит переменный ток, благодаря которому осуществляется проверка целостности электрической цепи. Вентили ОВ и ТВ находятся в обесточенном состоянии, их якоря 2 и 4 расположены в нижнем положении.

Наполнение запасного резервуара происходит через канал 1 воздухораспределителя № 292 или через главную часть воздухораспределителя № 483, если прибор № 305-002 используется в электропневматическом тормозе грузовых вагонов.

Верхний клапан 3 вентиля ТВ закрыт под действием пружины, а нижний – открыт.

Рабочая камера сообщается с атмосферой через полость над диафрагмой электровоздухораспределителя, нижний клапан открытого вентиля ТВ и через отверстие 1,3 мм в осевом канале вентиля ОВ.

Зарядка запасного резервуара происходит обычным путем через воздухораспределитель № 292-001.

Торможение. При подаче в рабочий провод напряжения прямой полярности (в грузовом поезде +150 В или +220 В), а «минус» – в корпус прибора, постоянный ток проходит только через диод D_r и катушку вентиля торможения ТВ, а катушка ОВ остается обесточенной. В результате якорь 4 притя-

гивается вверх и нижний клапан вентиля ТВ закрывается, а верхний 3 – открывается. Закрытие нижнего клапана приводит к разобщению камеры РК с атмосферой. Одновременно открытие верхнего клапана 3 вызывает подачу сжатого воздуха в камеру РК из запасного резервуара через полость пружины 8, открытый верхний клапан 3 торможения, отверстие диаметром 1,8 мм и полость РК над диафрагмой 5 пневмореле. При повышении давления в камере РК прогибается диафрагма 5 пневмореле, в результате атмосферный канал клапаном 6 закрывается, а воздух из запасного резервуара через открытый питательный клапан пневмореле проходит в полость переключателя и далее в тормозной цилиндр.

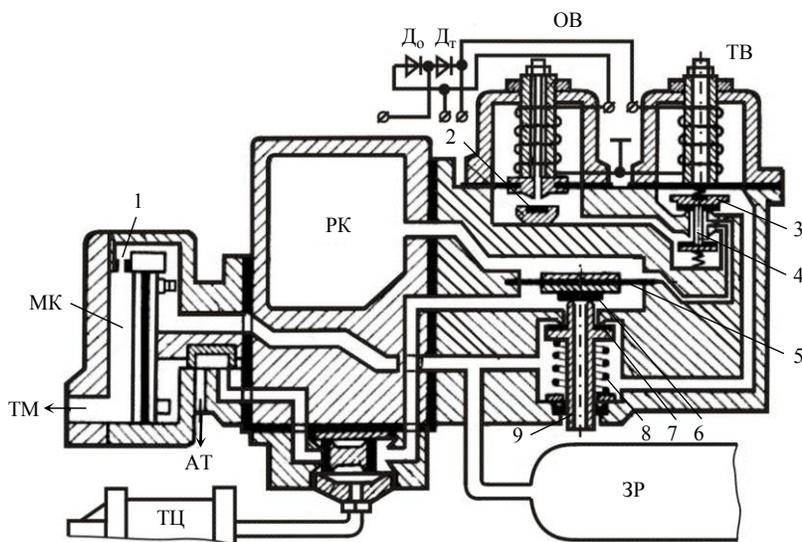


Рисунок 5.11 – Схема электровоздухораспределителя № 305-002

Темп наполнения рабочей камеры объемом 1,5 л из запасного резервуара объемом 78 л через отверстие диаметром 1,8 мм составляет примерно 0,1 МПа за 1 с при нормальном зарядном давлении. Величина и скорость открытия питательного клапана пропорциональны объему тормозного цилиндра. Процесс его наполнения идет так же, как и при работе электровоздухораспределителя № 305-000.

Под действием сжатого воздуха из камеры РК диафрагма электровоздухораспределителя прогибается вниз, закрывая атмосферное отверстие в штоке 9 клапанно-диафрагменного устройства. Одновременно резиновое кольцо 7

отходит от седла, сообщая тормозной цилиндр с запасным резервуаром. Величина открытия впускного клапана зависит от объема тормозного цилиндра и давления в рабочей камере РК. Темп повышения давления в тормозном цилиндре пропорционален темпу зарядки камеры РК и не зависит от выхода штока при отсутствии утечек из цилиндра.

При экстренном торможении ввиду жесткости пружины 8 конечное давление в тормозном цилиндре примерно на 0,02 МПа меньше, чем установленное давление в резервуаре и в золотниковой камере воздухораспределителя № 292, что вызывает переброс переключательного клапана вправо (по чертежу) и перекрытие сообщения цилиндра с ЭВР. Если при VI положении (экстренное торможение) ручки КМ произойдет отключение линии питания ЭПТ, то отпуск тормоза не произойдет, поскольку воздухораспределители № 292 сработали на торможение.

Перекрышиа. При изменении полярности электрического тока в цепи тормоза – «плюс» на корпус, а «минус» – на линейный провод, ток протекает по катушке отпускного вентиля ОВ через диод D_o . Катушка тормозного вентиля ТВ обесточена, так как диод D_T запирает ход тока обратной полярности. Двухседельчатый клапан вентиля ТВ запирает доступ воздуху из резервуара ЗР в камеру РК. Поскольку клапан ОВ закрыт, то в рабочей камере РК устанавливается давление, достигнутое к моменту перевода ручки крана машиниста в положение «Перекрышиа». В рабочей камере РК и в цилиндре ТЦ происходит некоторое уменьшение давления, вызванное работой реле в блоке управления ЭПТ, в процессе смены полярности тока управления. Однако влияние его практически неощутимо.

Отпуск тормоза происходит при отсутствии постоянного тока в цепи управления. При этом открывается вентиль ОВ и происходит снижение давления в камере РК и в тормозном цилиндре. Отпуск может быть полным (бесступенчатым) или ступенчатым с различной величиной ступеней, которая зависит от времени выдержки ручки крана машиниста в положении отпуска (II) перед переключением в положение перекрышиа (III или IV).

5.5 Действие системы электропневматического торможения в поезде

К устройствам электропневматического тормоза на локомотиве кроме электровоздухораспределителя относятся приборы, служащие для управления тормозами и передачи управляющих сигналов: контроллер крана машиниста № 395, блок питания БП-ЭПТ, блок управления БУ-ЭПТ, рабочий № 1 и контрольный № 2 провода, устройства контроля и сигнализации.

Система ЭПТ пассажирских вагонов и локомотива оборудована соединительными рукавами № 369А с электроконтактами, которые обеспечивают соединение пневматической и электрической магистралей тормоза. Провода ЭПТ под вагонами проложены в металлических трубах, на ответвлениях для присоединения к линейным проводам электровоздухораспределителей смонтированы трехтрубные клеммные коробки № 317, а подсоединение к проводам на межвагонных рукавах осуществляется через двухтрубные клеммные коробки № 316, изготовленные из чугуна или пластмассы.

Источники питания. На локомотиве ранее применялся источник питания переменным и постоянным током БП-ЭПТ-П № 579-00-35 (рисунок 5.12), содержащий полупроводниковый статический преобразователь БСП-ЭПТ-П и малогабаритную аккумуляторную батарею АБ типа 40КН-10 (± 50 В).

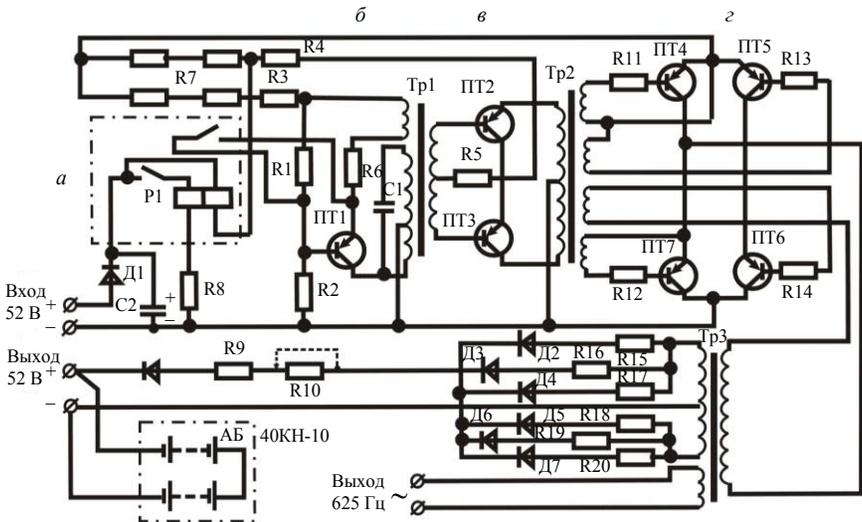


Рисунок 5.12 – Принципиальная электрическая схема блока питания БП-ЭПТ-П № 579-00-35:

а – блок защиты от короткого замыкания; б – задающий генератор; в – промежуточный усилитель; г – выходной усилитель

С 1978 г. начали применять статические преобразователи на тиристорах типа ПТ-ЭПТ-П № 553-00-35 (рисунок 5.13) без аккумуляторной батареи. В частности, на некоторых тепловозах серии ТЭП60 первых выпусков напряжение для цепей управления ЭПТ снимается с колец переменного тока вспомогательного генератора и затем выпрямляется.

В настоящее время на пассажирских тепловозах и электровозах блок питания представляет собой тиристорный статический преобразователь, подключенный к цепи аккумуляторной батареи локомотива.

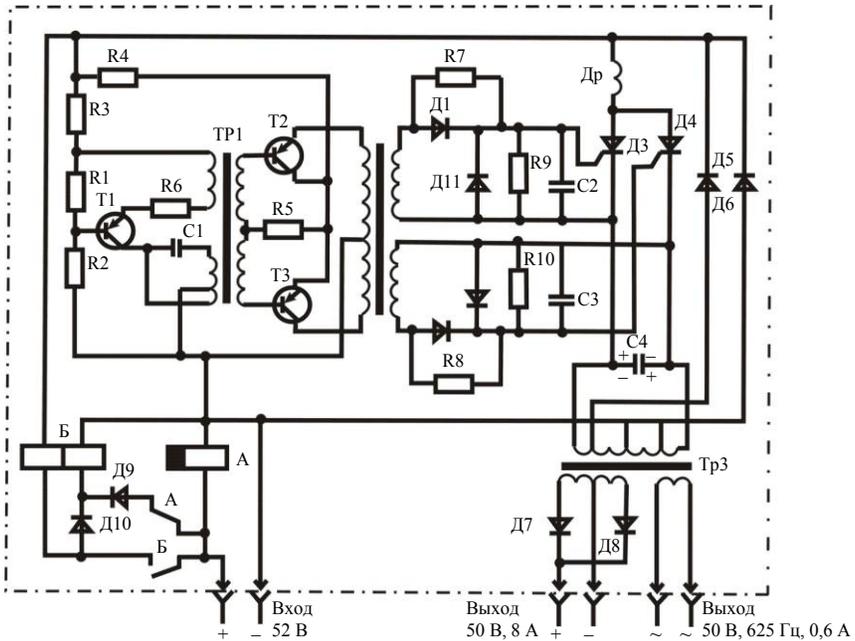


Рисунок 5.13 – Принципиальная электрическая схема статического преобразователя ПТ-ЭПТ-II

Преобразователь ПТ-ЭПТ-II № 553-00-35 инвертирует постоянный ток батареи напряжением 50 В в переменный напряжением 50 В и частотой 625 Гц. Этот ток подается в цепь контроля электропневматического тормоза.

Аккумуляторная батарея в электропоездах служит резервным источником питания постоянным током цепей управления и устанавливается на головных и прицепных вагонах электропоезда. Каждая состоит из 90 кадмиево-никелевых элементов НК-55, соединенных последовательно. Напряжение батареи 110 В. В качестве электролита применяется раствор едкого калия КаОН с примесью едкого лития LiOH. Тормозная система подключена к отводу батареи на 50 В.

Приборы управления. Краны машиниста № 395М-4-01 и 395М-5-01 имеют контроллер с микропереключателями и штепсельный разъем. Они рассчи-

таны на семь рабочих положений. Седьмое фиксированное положение ВЭ ручки крана – для торможения электропневматическим тормозом. Изменение положения контактов микропереключателей при переключении в положение ВЭ происходит до начала разрядки уравнительного резервуара, поэтому электропневматическое торможение осуществляется без разрядки тормозной магистрали.

Световой сигнализатор устанавливается на переднем щите кабины управления локомотива и имеет три лампы: отпуска О, перекрыши П и торможения Т. Лампа О горит при всех положениях ручки крана машиниста и свидетельствует об исправности цепи управления тормозами, лампа П – при нахождении ручки в III и IV положениях перекрыши, лампа Т – при торможении в ВЭ, V и VI положениях ручки.

На пульте машиниста установлен вольтметр, подключенный к цепи управления.

Блок управления БУ-ЭПТ-П № 579-00-20 работает совместно с источником питания БП-ЭПТ-П № 579-00-35 или статическим тиристорным преобразователем ПТ-ЭПТ-П № 553-00-35. Управление осуществляется контроллером крана машиниста № 395.

Блок управления осуществляет следующие операции при работе ЭПТ: в состоянии отпуска подает в провода и рельсовую цепь переменный ток напряжением 50 В частотой 625 Гц для контроля составности поезда; при торможении подает в цепь ЭПТ постоянный ток прямой полярности – «плюс» в линейных проводах и «минус» в рельсах; при перекрыше полярность постоянного тока меняется – «минус» в проводах и «плюс» в рельсах. В состав блока входят четыре реле: тормозное ТР, реле перекрыши и отпуска ПР, контрольное КР и силовотокковое К.

Зарядка тормоза, поездное положение и отпуск (рисунок 5.14). При I и II положениях ручки крана машиниста микропереключатели контроллера КМ никаких электрических цепей не замыкают. В результате катушки К, ПР и ТР оказываются обесточенными, и контакты реле торможения ТР и перекрыши ПР замкнуты таким образом, что создают цепь прохождения переменного тока от генератора контроля ГК (полюс Г1) в рабочий провод № 1, через концевой замыкатель КЗ – в контрольный провод № 2, диод 1 выпрямительного моста, катушку контрольного реле КР, диод 3 и далее в рельсовую цепь (на корпус локомотива). Второй полюс Г2 генератора сообщен с рельсовой цепью через главный выключатель ГВ2 и нормально замкнутые контакты ПР2 и ТР2.

При обесточивании катушек К и ТР после торможения реле ТР отключается с некоторым запаздыванием, поэтому якорь силовотоккового реле К отпадает раньше и контакт К1, размыкаясь, отключает цепь вагонных прово-

дов № 1 и 2, прежде чем размыкаются контакты TP1 и TP2. Благодаря этому устраняется искрение этих контактов, которые размыкаются без токовой нагрузки.

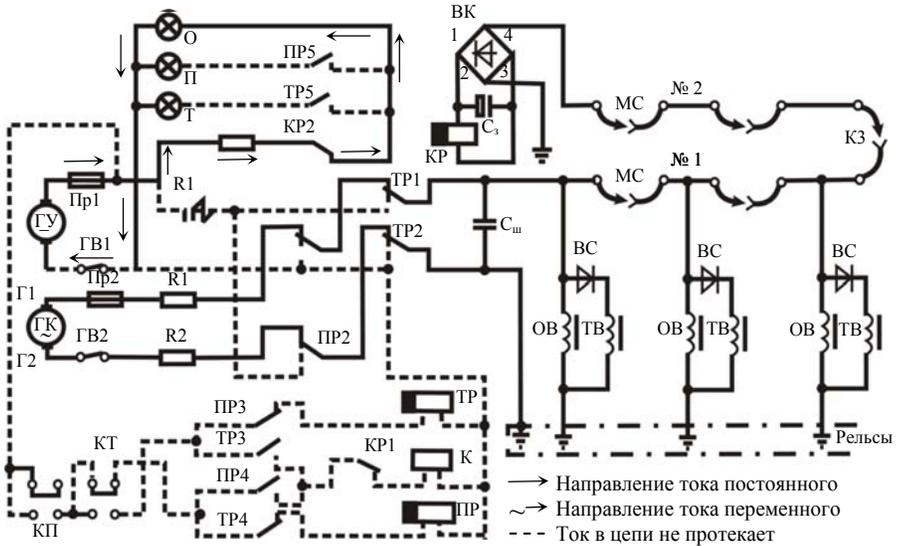


Рисунок 5.14 – Схема электропневматического тормоза в положении отпуска и зарядки

При смене полярности переменного тока цепь замкнута по тем же элементам.

Поскольку ток проходит через катушку контрольного реле КР в одном направлении, реле возбуждается, его контакт КР2 замкнут и подключает сигнальную лампу О к источнику постоянного тока ГУ. Горение этой лампы сигнализирует о целостности цепи контроля, а значит, рабочего и контрольного проводов и готовности тормоза к работе. Вентили ОВ и ТВ электровоздухораспределителей, через которые проходят переменный ток частотой $f = 625$ Гц, не возбуждаются, так как имеют большую индуктивность и сопротивление их достаточно велико. Тормоз находится в состоянии отпуска и зарядки.

Торможение (рисунок 5.15). Процесс торможения происходит при остановке ручки крана машиниста в одно из положений VЭ, V и VI. При этом переменный ток в контрольную цепь не поступает, и контроль обеспечивается постоянным током от источника ГУ. Ток проходит через контакт конт-

роллера крана машиниста, контакт ПР3 и возбуждает катушку ТР тормозного реле, замыкаясь через главный выключатель ГВ1. Контакты ТР1 и ТР2 тормозного реле замыкаются, обеспечивая цепь питания линейных проводов и электровоздухораспределителей в поезде через контакт К1 сильноточкового реле К током положительной полярности. Рельсы и корпус подвижного состава оказываются под напряжением минусовой полярности через катушки ОВ и ТВ, замкнутый контакт ТР2 и выключатель ГВ1.

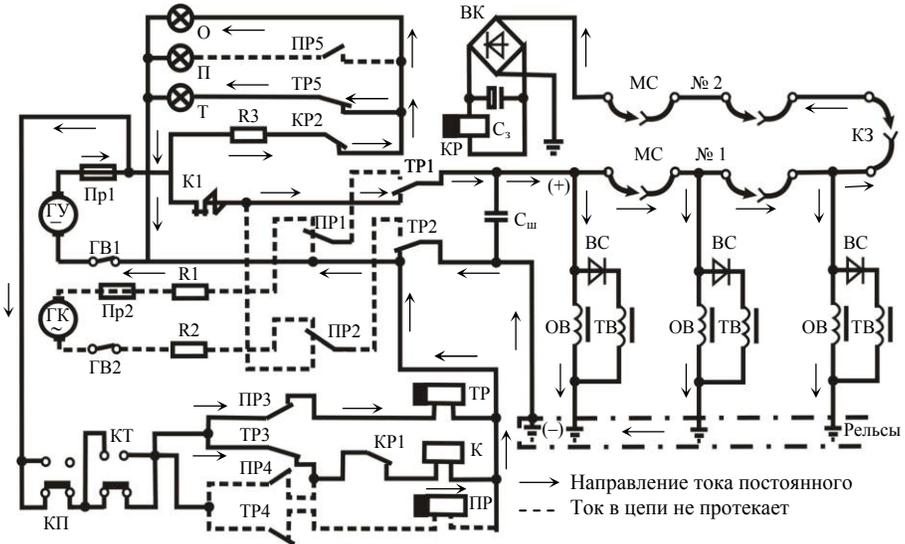


Рисунок 5.15 – Схема электропневматического тормоза в положении торможения

Одновременно через предохранитель ПР1, сопротивление R3, контакты КР2 и ТР5 загорается лампа Т лампового сигнализатора. Продолжает гореть также лампа О контроля электрической цепи тормоза. Постоянный ток положительной полярности поступает через предохранитель ПР1, замкнутые контакты К1, ТР1 и контакт К3 в головке хвостового вагона и далее по проводу № 2 в выпрямительный мост и через катушку реле КР и другую ветвь выпрямительного моста замыкается на корпус и рельсы. Благодаря выпрямительному мосту направление тока через катушку КР не изменяется.

Для того, чтобы якорь катушки реле не отпадал при переключениях режимов, к ней подключен конденсатор C₃. Конденсатор C_ш уменьшает искрообразование на контактах ТР1 и ТР2 за счет исключения коммутационных перенапряжений при размыкании этих контактов.

Перекрыши (рисунок 5.16). При включении перекрыши (положения III и IV ручки крана машиниста) контакт КТ контроллера переключается, а контакт КП остается в прежнем положении.

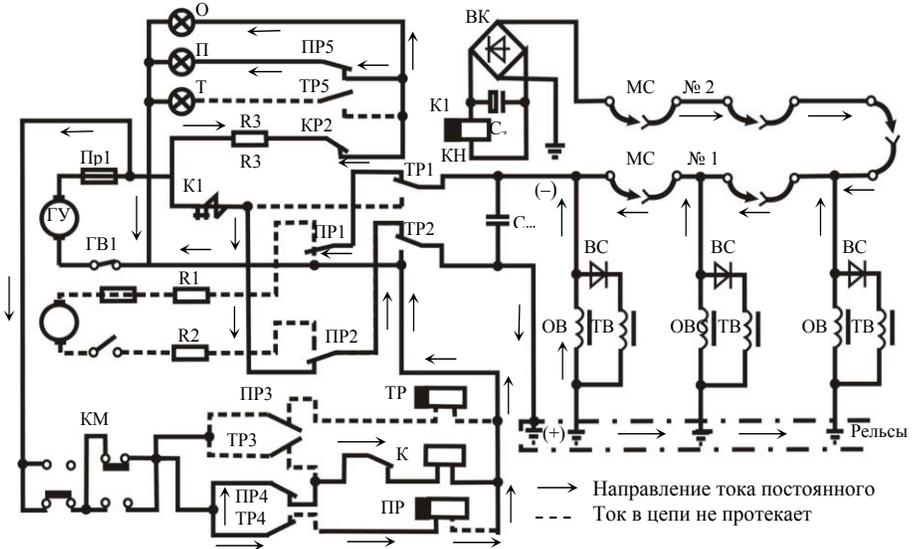


Рисунок 5.16 – Схема электропневматического тормоза в положении перекрыши

В результате постоянный ток от зажима +Г источника ГУ через контакты КП и КТ контроллера крана машиниста и замкнутый контакт ТР4 возбуждает катушку ПР реле перекрыши, затем замыкается контакт ПР4 и через контакт КР1 ток проходит в цепь питания катушки сильнотокового реле К. Контакты ПР1 и ПР2 замыкают цепь питания линейных проводов № 1 и 2, подавая «плюс» в рельсы и «минус» – в провода. Положительный потенциал (плюс) проходит через замкнутые контакты К1, ПР2, ТР2 и далее в рельсы. Отрицательный потенциал (минус) поступает в цепь через провод № 1, контакты ТР1, ПР1 и главный выключатель ГВ1.

В проводе № 2 также отрицательный потенциал, однако выпрямительный мост пропускает ток в катушку КР в одном направлении, поэтому контакт КР2 остается замкнутым. Ток проходит через контакт ПР5 и зажигает лампу П. Одновременно горит и лампа О, которая питается постоянным током от источника ГУ через предохранитель ПР1, резистор R3 и нормально замкнутый контакт КР2 контрольного реле.

Под влиянием конденсатора Сз, разрядка которого происходит через некоторое время, якорь реле КР остается притянутым при переключениях, по-

этому лампа П питается постоянным током. Одновременно горит и лампа О. В рельсах и на корпус подвижного состава поступает положительный потенциал постоянного тока, а в линейные провода – отрицательный. Катушки вентилей ОВ электровоздухораспределителей возбуждаются. Через катушки вентилей торможения ТВ ток не протекает, так как ему препятствуют полупроводниковые приборы ВС, проводящие ток в одном направлении.

Таким образом, в цепи ЭПТ протекает постоянный ток обратной полярности, благодаря чему возбуждаются только катушки вентилей ОВ, а клапаны вентилей ОВ и ТВ закрыты и в тормозной системе сохраняется достигнутое давление.

В пассажирских поездах междувагонные соединения проводов № 1 и 2 отличаются недостаточной надежностью, при отсутствии контакта в соединениях хотя бы одного провода вся цепь выходит из строя, поэтому на локомотивах, предназначенных для вождения поездов со скоростями до 120 км/ч, применяется схема дублированного питания цепей ЭПТ. Для этого устанавливается постоянная перемычка между линейными проводами № 1 и 2 в блоке управления БУ-ЭПТ-П, позволяющая контролировать состояние ЭПТ на локомотиве, обрыв или появление короткого замыкания в поездной цепи, и замыкаются линейные провода в резиновом рукаве воздушной магистрали на переднем бруске локомотива. В случае обрыва поездной цепи для нормальной работы тормоза должно производиться торможение с разрядкой тормозной магистрали положением V или VI крана машиниста. В положении VЭ в цепь подается напряжение обратной полярности, как при перекрыше, и тормоз не приходит в действие.

Контроль фактического состояния проводов № 1 и 2 осуществляется по амперметру, установленному в кабине локомотива.

В блоках управления, предназначенных для скоростей свыше 120 км/ч, когда нормальная длина тормозного пути поезда обеспечивается только при электропневматическом торможении, дублированное питание проводов в положениях перекрыши и торможения осуществляется блоком управления ВУ-ЭПТ-Д с дополнительным реле КД дублированного питания. Этот блок управления обеспечивает импульсную работу контрольного реле и мигание сигнальной лампы Т, что свидетельствует об имеющемся нарушении в цепи ЭПТ.

На пригородном подвижном составе применяются многопроводные электрические системы для управления электропневматическими тормозами. Это объясняется тем, что вагоны в пригородных поездах практически не расцепляются, а многопроводная система значительно надежнее двухпроводной.

Условия работы пригородных поездов (частые остановки, сравнительно невысокие скорости движения) требуют применения чугунных тормозных коло-

док с повышенным содержанием фосфора, коэффициент трения которых резко уменьшается с увеличением скорости движения. При высокой скорости по условиям сцепления колес с рельсами допускается значительно большая сила нажатия тормозных колодок. Поэтому в мотор-вагонном депо Минск применяется система регулирования тормозной силы электропоезда с изменением скорости в процессе торможения, позволяющая автоматически увеличивать силу нажатия тормозных колодок на высокой скорости и уменьшать ее при снижении скорости. Такой эффект достигается путем подачи в цепь управления электропневматическим тормозом сигналов «торможение», «перекрыша» и «отпуск» от специального регулятора, связанного с управляющей системой ЭПТ. Система включает в себя электронный регулятор тормозных нажатий (ЭРТН) и штатные устройства ЭПТ поезда. В состав ЭРТН входят датчик скорости, датчик давления в тормозном цилиндре, программный блок и блок сравнения и выдачи управляющих сигналов.

Запуск ЭРТН осуществляется переводом ручки крана машиниста в положение VI – экстренного торможения. При этом выключаются тяговые двигатели электропоезда, и в управляющий провод ЭПТ подается сигнал на торможение путем подачи постоянного тока в цепь управления катушками вентиляей торможения ЭВР.

При снижении скорости происходит переключение ЭРТН и давление в тормозных цилиндрах уменьшается до $p_{ц} = 0,2$ МПа при остановке или $p_{ц} = 0,38 \dots 0,40$ МПа – при скорости менее 25–30 км/ч.

6 АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ГРУЗОВЫХ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ

6.1 Способы регулирования тормозной силы в зависимости от загрузки вагона

Одним из критериев эффективности тормозных систем вагонов является уровень использования запаса по сцеплению, который принято оценивать по величине отношения наименьшего (теоретического) тормозного пути при полном использовании сцепления (безюзовое торможение) к фактическому тормозному пути. При нормальных условиях торможения величина критерия не может быть больше единицы.

Для тормозов грузовых и пассажирских вагонов характерно наличие значительного запаса тормозной мощности по условию безюзового торможения. Например, среднее за период экстренного торможения использование запаса по сцеплению для грузовых поездов при одностороннем нажатии тормозных колодок на колесо не превышает 0,43 при чугунных колодках и 0,55 – при композиционных.

Анализ условия безюзового торможения колесной пары показывает пути решения данной проблемы. Для колодочного тормоза это условие может быть выражено уравнением

$$nK\varphi_k = q_0\Psi_k k_c, \quad (6.1)$$

а для дискового –

$$n_d K_d \varphi_{kd} \cdot \frac{r}{R} = q_0 \Psi_k k_c k_d. \quad (6.2)$$

В приведенных формулах:

- n, n_d – число тормозных колодок или накладок, действующих на колесную пару;
- K, K_d – сила нажатия одной колодки и накладки;
- φ_k, φ_{kd} – коэффициент трения колодки и накладки соответственно;
- q_0 – осевая нагрузка вагона;
- Ψ_k – коэффициент сцепления колес с рельсами;
- k_c – коэффициент использования запаса по сцеплению;

k_d – коэффициент, учитывающий снижение или повышение сцепления при действии дискового тормоза.

Повышение расчетного коэффициента сцепления при действии дисковых тормозов может быть получено в современных тормозных системах, обеспечивающих проскальзывание тормозной колесной пары на 3–5 %.

Как видно из приведенных уравнений, величина допускаемой силы нажатия зависит от осевой нагрузки, поэтому в тормозных системах предусматривают устройство, позволяющее изменять силу нажатия колодок при изменении загрузки вагона. Такими устройствами оборудовано большинство грузовых вагонов. На пассажирских вагонах регулирование тормозной силы в зависимости от населенности целесообразно осуществлять при изменении осевой нагрузки не менее чем на 15 %, поэтому предусматривается установка автогрузовых регуляторов тормозного нажатия на вагонах электро- и дизель-поездов, на багажных и части пассажирских вагонов.

Устройства для регулирования тормозной силы в зависимости от загрузки вагона, применяемые в железнодорожных тормозах, можно классифицировать по следующим признакам:

а) по способу переключения режимов торможения – с ручным и автоматическим тормозами;

б) характеру изменения тормозной силы – со ступенчатым и бесступенчатым изменением;

в) способу изменения силы нажатия тормозных колодок или накладок дискового тормоза – изменением давления рабочего тела (сжатого воздуха) в тормозных цилиндрах или передаточного числа тормозной рычажной передачи.

Рассмотрим подробнее перечисленные способы регулирования силы нажатия тормозных элементов.

Переключение грузовых режимов воздухораспределителя. Этот метод широко применяется на железных дорогах колеи 1520 мм, где используются воздухораспределители грузового типа № 483, которые обеспечивают трехступенчатое изменение величины давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах при установке режимного переключателя на груженный, средний или порожний режим в соответствии с загрузкой вагона. Порядок включения и получаемые величины давления в тормозных цилиндрах приведены в таблице 6.1. Переключение грузовых режимов производится вручную на пунктах погрузки вагонов с учетом типа применяемых тормозных колодок и фактической загрузки вагона или автоматически – авторежимом.

У вагонов на тележках типа ЦНИИ-ХЗ возможно визуальное определение степени загрузки по прогибу рессорного подвешивания и положению фрикционного клина амортизатора (рисунок 6.1). Если горизонтальная плос-

кость клина находится выше верхнего торца фрикционной планки (рисунок 6.1, *а*), включают порожний режим; если плоскость клина и торец планки находятся на одном уровне (рисунок 6.1, *б*) – средний режим при чугунных колодках и порожний – при композиционных. Грузеный режим при чугунных и средний (или грузеный) при композиционных колодках устанавливают в том случае, если плоскость клина будет ниже торца фрикционной планки (рисунок 6.1, *в*).

Т а б л и ц а 6.1 – Характеристика грузовых режимов торможения

Параметры	Значения параметров при режимах торможения		
	порожном	среднем	грузеном
Давление в тормозных цилиндрах, МПа (кгс/см ²)	0,14–0,18 (1,4–1,8)	0,30–0,33 (3,0–3,3)	0,40–0,45 (4,0–4,5)
Полезная нагрузка, при которой устанавливается режим, т, при колодках:			
чугунных	< 3	3–6	> 6
композиционных	< 6	≥ 6	*

* Допускается установка грузеного режима при композиционных колодках, если осевая нагрузка вагонов не менее 20 т (брутто), а в зимний период – при полезной нагрузке (нетто) более 10 т/ось. На грузеных вагонах-хопперах, предназначенных для перевозки цемента, воздухораспределители должны быть включены на грузеный режим.

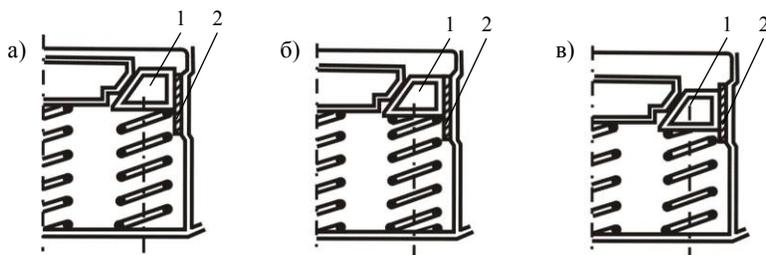


Рисунок 6.1 – Положение фрикционного клина тележки ЦНИИ-ХЗ при различной загрузке вагона:

а – порожний вагон; *б* – полезная нагрузка 3–6 т/ось; *в* – то же более 6 т/ось;
1 – клин; 2 – фрикционная планка

Регулирование передаточного числа рычажной передачи. На грузовых вагонах железных дорог Центральной и Западной Европы используются двухрежимные переключатели «Грузеный – Порожний» модели LS3 или LS4, действие которых основано на изменении передаточного числа тормозной ры-

чайной передачи при неизменной величине давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах. Переключение для изменения передаточного числа производят вручную при определенной величине загрузки вагона. На рисунке 6.2 приведена схема механического переключателя «Груженный – Порожный», разработанного шведской фирмой SAB.

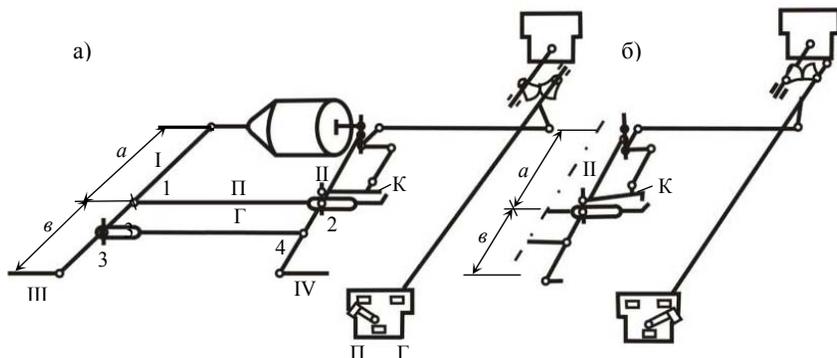


Рисунок 6.2 – Схема переключателя тормозной рычажной передачи фирмы SAB:
а – порожний режим; б – груженный режим

Рычаги I и II, соединенные соответственно со штоком и «мертвой» точкой тормозного цилиндра, связаны между собой затяжками П и Г, каждая из которых имеет с одной стороны удлиненный хвостовик в виде петли, благодаря чему затяжка может свободно перемещаться в шарнирном соединении с рычагом на длину петли. Расстояние между шарнирами 1; 3 и 2; 4 подобрано так, чтобы обеспечить требуемое соотношение плеч a/v горизонтальных рычагов – главного I и тылового II – в зависимости от загрузки вагона.

Изменение передаточного числа производят путем включения или выключения затяжки П. Включение происходит при заблокировании свободного перемещения правой петли относительно шарнира 2 специальной закладкой К. Операции выполняют вручную поворотом рукоятки в нужное положение «Порожный – Груженный».

При наполнении тормозного цилиндра сжатым воздухом усилие по штоку передается на тяги III и IV через горизонтальные рычаги I и II и затяжку П (порожный вагон). Затяжка Г в этом случае отключена благодаря наличию зазора в ее левой петле (шарнир 3). Если закладка К поднята, то рычаг I поворачивается относительно шарнира 3 затяжки Г (груженный вагон).

На рисунке 6.3 показан в разрезе механизм переключателя фирмы SAB.

Изменение положения закладки К происходит в результате поворота рычага 7 при установке режима – груженный или порожний. Рукоятки привода

переключения выведены на боковые стороны вагона. Механизм переключателя смонтирован в корпусе 8, к которому при помощи болтов 3 прикреплена двухрожковая вилка 2. Через отверстия в вилке и петлеобразное отверстие в затяжке П проходит валик 1 шарнира, соединяя затяжку П и горизонтальный рычаг (на рисунке 6.3 не показан). Через отверстие в корпусе 8 пропущен хвостовик затяжки П, на резьбовую часть которого навинчивается упор 4. При опущенной закидке К, когда она охватывает хвостовик затяжки П, между закидкой К и упором 4 имеется зазор s_z . Величина зазора подбирается таким образом, чтобы при начальном повышении давления в тормозном цилиндре (при выборе зазоров между колодками и колесами) приводной горизонтальный рычаг поворачивался относительно шарнира 3 (см. рисунок 6.2), принадлежащего затяжке Г. Благодаря этому величина хода штока тормозного цилиндра не зависит от изменения передаточного числа рычажной передачи.

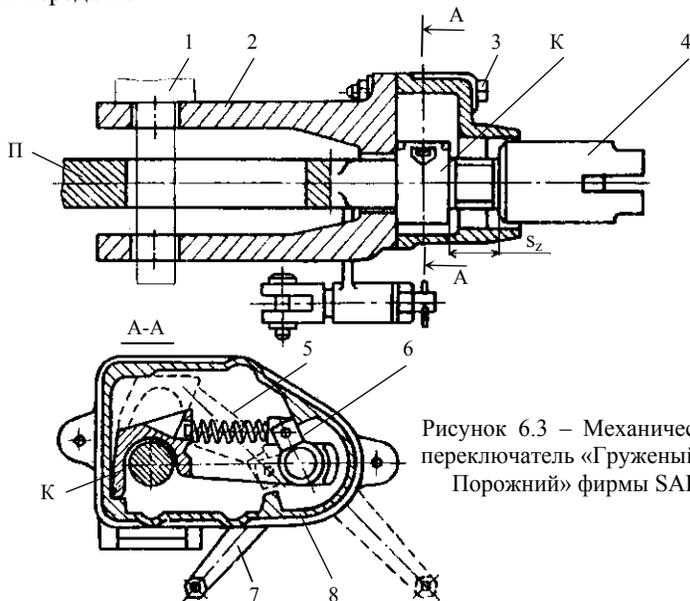


Рисунок 6.3 – Механический переключатель «Груженный – Порожний» фирмы SAB

На некоторых вагонах установлены разработанные фирмой SAB автоматические переключатели грузовых режимов торможения. В этих переключателях управление закидкой К осуществляется специальным пневмоцилиндром по сигналу от пневматического датчика загрузки.

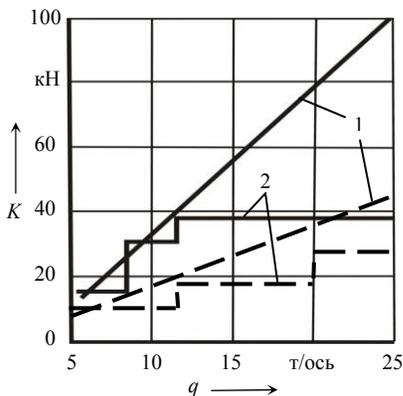
Ступенчатое изменение тормозной силы. У вагонов, оборудованных воздухораспределителями «Эрликон» типа ESt3e и ESt3f с приставкой Al2b, воз-

можно трехступенчатое ручное переключение грузовых режимов П, С, Г или автоматическое бесступенчатое (режим С обозначают Г1, а грузженный – Г2).

Графики изменения силы нажатия тормозных колодок при ступенчатом переключении грузовых режимов П, С, Г (изменением давления в цилиндрах ТЦ) приведены на рисунке 6.4 (воздухораспределитель № 483).

Рисунок 6.4 – Зависимость силы нажатия тормозных колодок от осевой нагрузки:

- 1 – допустимая по сцеплению; 2 – реализуемая при ступенчатом переключении режимов (при действии воздухораспределителя № 483);
 - - - - стандартные чугунные колодки;
 ————— композиционные колодки из материала ТИИР-300 (8-1-66)



На рисунке 6.5 показано изменение удельной тормозной силы b_T при изменении осевой нагрузки q_0 вагона.

Анализ приведенных графиков позволяет выявить основные недостатки ступенчатого изменения силы нажатия тормозных колодок:

- значительная разница в величине удельной тормозной силы для вагонов с различной загрузкой;
- низкий уровень использования запаса по сцеплению при торможении полногрузных вагонов и вагонов с промежуточной величиной загрузки (заштрихованные зоны).

Указанные недостатки приводят к дополнительным продольно-динамическим усилиям в поездах, сформированных из вагонов с неодинаковой загрузкой. При торможении таких поездов, а также поездов с вагонами, загруженными до полной грузоподъемности, возрастает длина тормозного пути по сравнению с порожняковыми маршрутами. Кроме того, при переключении режимов вручную необходимы дополнительные затраты труда и возможна ошибочная установка режима. Особенно усложняется процесс переключения для подвижного состава с часто изменяющейся загрузкой, например, для электро- и дизель-поездов.

Непрерывное изменение тормозной силы. Задача регулирования силы нажатия тормозных колодок или накладок заключается в том, чтобы изменять

тормозную силу в соответствии с изменением силы сцепления колес с рельсами при изменении загрузки вагона. Из условия безюзового торможения колесной пары [уравнения (6.1) и (6.2)] видно, что поставленная задача решается путем изменения силы нажатия тормозных элементов.

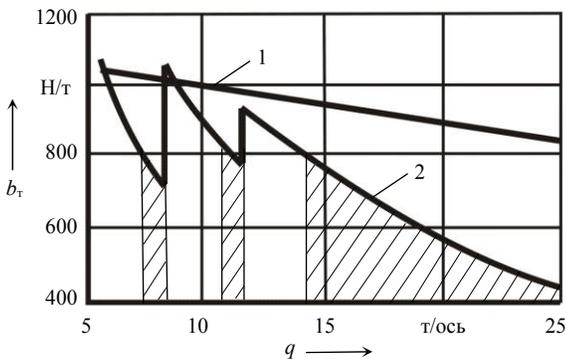


Рисунок 6.5 – Зависимость удельной тормозной силы от осевой нагрузки (чугунные колодки)
1 – допустимая по сцеплению; 2 – реализуемая чугунными колодками при ступенчатом переключении режимов

ба рессорного подвешивания. Измерение можно производить двумя способами: с постоянным контактом деталей измерительного устройства, расположенных на обрессоренной и необрессоренной частях вагона, и с временным контактом этих деталей только в процессе погрузки – выгрузки вагона или в процессе торможения.

На железных дорогах стран СНГ в основном используются датчики загрузки с постоянным контактом фиксирующих деталей. Такой же способ измерения применяется и на пассажирском подвижном составе, хотя для электро- и дизель-поездов выпускаются авторежимы № 605 и 606, в которых датчики загрузки фиксируют прогиб рессорного подвешивания только при открытых пневматических дверях вагона во время посадки и высадки пассажиров. Сигнал, полученный от датчика загрузки, используется для управления величиной давления в тормозных цилиндрах.

6.2 Авторежимы с постоянным контактом деталей измерительного устройства

Авторежим № 265А-1 допущен для грузовых вагонов колеи 1520 мм межгосударственным Советом глав железнодорожных администраций стран СНГ и Балтии.

В зависимости от вида выходного сигнала, получаемого от датчика загрузки вагона, и способа воздействия на тормозные колодки или накладку передаточное устройство может быть механическим, пневматическим или электрическим. В настоящее время преимущественно используются датчики загрузки вагона, принцип действия которых основан на измерении статического проги-

На грузовых вагонах и электропоездах автоматические регуляторы грузовых режимов торможения № 265-002 и 265-003 начали применяться с 1962 года. Затем был разработан авторежим № 265А. В настоящее время на грузовых вагонах применяются авторежимы № 265А-1 (с 1982 г.), а на мотор-вагонном подвижном составе – № 265Б и 265В. Вагоны электро- и дизель-поездов могут оснащаться также авторежимами № 605 и 606.

Для грузовых вагонов нового поколения, имеющих увеличенную до 30 т осевую нагрузку и соответственно увеличенный прогиб рессорного подвешивания, разработан авторежим № 265А-4, имеющий большее (47 ± 2 мм) (против 37 ± 3 мм у авторежимов прежней конструкции) перемещение поршня демпферной части. Обеспечивается полная взаимозаменяемость этого авторежима с прибором № 265А-1, который используется на вагонах с тележками 18-100.

Разработанный на заводе ФЭД (Украина) авторежим 265А-4М имеет дополнительное звено, позволяющее изменять при необходимости диаграмму давлений в тормозном цилиндре в соответствии с требуемой силой нажатия в зависимости от типа применяемых тормозных колодок (чугунные или композиционные).

Принцип действия всех перечисленных приборов основан на измерении статического прогиба рессорного подвешивания под весом вагона и последующем регулировании давления сжатого воздуха в соответствии с величиной прогиба*. На тележках типа ЦНИИ-ХЗ это может приводить к ошибке в измерении загрузки до 10 % ввиду наличия фрикционных гасителей колебаний, особенно при замере прогиба в неподвижном вагоне.

Авторежим № 265А-1 (рисунок 6.6) состоит из трех основных узлов: I – датчик загрузки с демпфером, совмещенный с передаточным устройством; II – управляющее пневматическое реле; III – кронштейн с двумя патрубками для присоединения трубопроводов от воздухораспределителя (верхний) и тормозного цилиндра.

Датчик загрузки собран в корпусе 16, имеющем две цилиндрические полости. В верхней полости расположен подпружиненный демпферный поршень 7, уплотненный двумя манжетами. Полый шток поршня также уплотнен манжетой 5. Полости над и под поршнем герметизированы указанными манжетами и резиновыми прокладками 6 и 8. Между собой полости сообщаются калиброванным отверстием *a* (пневматическое сопротивление) в ниппеле, запрессованном в диск поршня 7.

* Авторежим № 606 учитывает также величину тормозного тока при электрическом и фрикционном торможениях.

В нижней полости корпуса 16 помещена подпружиненная вилка 17, выполненная в виде стакана с прорезью, куда входит ползун 3, который соединен с полым штоком демпферного поршня. В паз ползуна вставлен сухарь 15, закрепленный винтом 14. Внутри вилки 17 размещен стакан 1 и направляющий стержень 2, центрированный в осевом отверстии полого штока. На хвостовик вилки 17 навинчивается регулировочная гайка 18 с завальцованным в ней упором 19. В приливе корпуса 16 размещен рычаг 13.

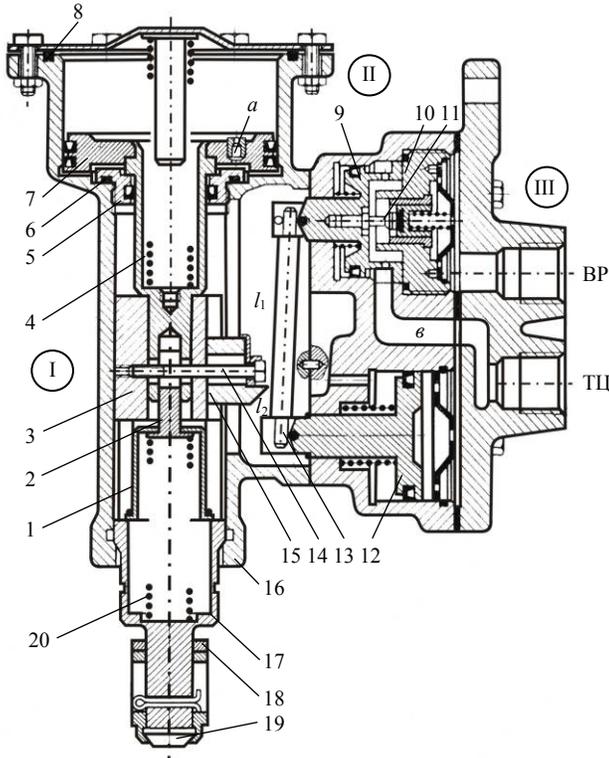


Рисунок 6.6 – Автоматический регулятор режимов торможения 265А-1

Управляющее пневматическое реле собрано в корпусе с двумя привалочными фланцами для присоединения к датчику загрузки и кронштейну. В корпусе реле расточены две цилиндрические полости. В нижней расположен подпружиненный поршень 12 с хвостовиком, опирающимся на концевую часть рычага 13 через закаленный штифт. В верхней полости расположен пор-

шень 9 с хвостовиком, опирающимся на верхний конец рычага 13. Через толкатель 10 поршень 9 воздействует на односедельчатый клапан 11.

В отпущенном состоянии тормоза поршни 9 и 12 под действием пружин находятся в крайнем правом положении и клапан 11 открыт, сообщая тормозной цилиндр с воздухораспределителем. Между сухарем 15 и рычагом 13 имеется зазор, чтобы предотвратить изнашивание контактирующих поверхностей при вертикальных перемещениях сухаря в процессе загрузки – выгрузки и при колебаниях вагона на рессорном подвешивании, если нарушена герметичность манжет демпферного поршня.

Через кронштейн III авторежим закрепляется на раме вагона (подрессоренная часть) и включается между воздухораспределителем и тормозным цилиндром. Упор 19 соприкасается с опорной плитой, закрепленной на неподрессоренных частях (боковинах тележки) вагона. Действие авторежима № 265А-1 происходит так же, как у всех авторежимов типажного ряда № 265.

В процессе торможения сжатый воздух от воздухораспределителя поступает в полость справа от нижнего поршня 12, перемещая его влево. При этом хвостовик поршня перемещает рычаг 13 до опоры его на ребро сухаря 15. Одновременно через открытый клапан 11 воздух перетекает в полость справа от поршня 9 и через канал ϵ – в тормозной цилиндр. Величина давления в цилиндре определяется положением сухаря 15, ребро которого служит точкой опоры и центром поворота рычага 13. Клапан 11 перекрывает поступление воздуха в тормозной цилиндр в том случае, когда верхний поршень 9 пневмореле переместится влево, поворачивая рычаг 13 относительно ребра сухаря 15. Это произойдет, когда момент сил, действующих на поршень 9 относительно ребра сухаря 15, уравнивает момент, создаваемый силами, действующими на нижний поршень 12.

Таким образом, величина давления, установившегося в тормозном цилиндре, определяется положением сухаря 15, который изменяет соотношение плеч l_1 и l_2 при изменении нагрузки. При нижнем положении сухаря соотношение плеч l_1/l_2 обеспечивает величину давления в тормозном цилиндре, соответствующую порожнему режиму воздухораспределителя – $p_{ц} = 0,16 \pm 0,02$ МПа ($1,6 \pm 0,2$ кгс/см²). При загрузке вагона более 60 % грузоподъемности ребро сухаря находится в верхнем положении, т. е. в середине рычага, плечи l_1 и l_2 равны, и давление в тормозном цилиндре будет максимальным – 0,40–0,45 МПа на грузовом режиме и 0,30–0,33 МПа – на среднем.

Соотношение активных площадей поршней 9 и 12, односедельчатого клапана 11 и усилие пружин пневмореле выбраны таким образом, чтобы обеспечить примерно одинаковую величину давления в тормозных цилиндрах

вагонов с различной загрузкой при первой ступени торможения. Утечки воздуха из тормозного цилиндра будут пополняться, так как при снижении давления в полости справа от верхнего поршня 9 он перемещается вправо, открывая питательный клапан 11.

При отпуске тормоза полости справа от нижнего поршня 12 и слева от клапана 11 через воздухораспределитель соединяются с атмосферой. Верхний поршень 9 под действием пружины перемещается вправо, открывая клапан 11, через который воздух из тормозного цилиндра через воздухораспределитель сбрасывается в атмосферу. Конструкция и принцип действия авторежимов типажного ряда № 265 позволяет использовать их совместно с однорежимными воздухораспределителями.

В процессе движения вагона возникают вертикальные колебания кузова на рессорном подвешивании. Влияние этих колебаний на работу авторежима устраняется демпферным поршнем 7 и пружинами 4, 20. Резкому перемещению поршня 7 препятствует воздух, находящийся по обе стороны, который не успевает перетекать через пневматическое сопротивление канала *a*. Поэтому вертикальные перемещения кузова поглощаются пружиной 20. Время перемещения демпферного поршня из верхнего положения для перификсации из груженого на порожний режим при снятии нагрузки составляет не более 60 с.

Инерционность пневматического реле обеспечивает нечувствительность системы воздухораспределитель – авторежим – тормозной цилиндр к вертикальным перемещениям сухаря 15 при колебаниях вагона на рессорном подвешивании с частотой более 1 Гц. Поэтому функция демпферного устройства заключается главным образом в предотвращении фрикционного износа деталей в месте контакта сухаря 15 и рычага 13.

У всех видов авторежимов типа № 265 (за исключением авторежимов № 265А-1 и 265А-4) ребро сухаря и рычаг находятся в постоянном контакте, что приводит к интенсивному износу этих деталей из-за вертикальных перемещений сухаря при погрузке-выгрузке и при движении, несмотря на наличие демпфера.

К недостаткам применяемой схемы регулирования с авторежимом № 265 следует отнести то, что при неравномерной загрузке вагона изменение давления осуществляется в зависимости от загрузки тележки, на которой смонтирована опорная балка авторежима. Кроме того, при вписывании вагона в кривые происходит перемещение упора 19 по опорной плите, закрепленной на боковинах тележки, что иногда приводит к изгибу вилки 17 и заклиниванию ее в положении, соответствующем порожнему вагону.

В некоторых типах грузовых вагонов, имеющих двухцилиндровую систему тормозов, применяют по одному авторежиму на каждой тележке.

Авторежим № 265А-1 подвергается модернизации с целью придания ему способности к ступенчатому отпуску тормозов, а также недопущению завышения давления в тормозном цилиндре при неплотности клапана 11 (см. рисунок 6.6).

Модернизированный узел авторежима № 265А-1 показан на рисунке 6.7.

Поршень 1 выполняется с расточенной внутренней полостью, в которую вставляется клапанное устройство 2, аналогичное ранее выпускавшемуся авторежиму № 265-002.

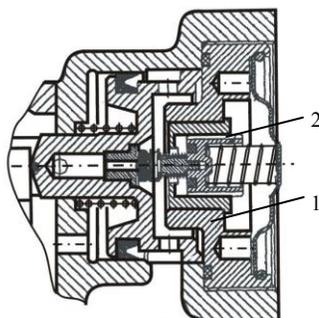


Рисунок 6.7 – Узел авторежима № 265А-1 после модернизации

6.3 Авторежимы с временным контактом упора и опорной плиты

Постоянный контакт между опорной плитой, закрепленной на раме тележки, и упором авторежима, наряду с важным качеством, обеспечивающим срабатывание при торможении с учетом реальной загрузки вагона, имеет и серьезный недостаток. При движении вагона в кривых упор совершает движение по горизонтальной поверхности плиты, испытывая изгибающую нагрузку. В эксплуатации отмечены случаи изгиба вилки и заклинивания авторежима в положении порожнего режима.

Кроме того, на некоторых тележках имеются трудности с размещением опорной плиты, поэтому разработаны конструкции авторежимов, имеющих временный контакт упора датчика величины загрузки и опорной плиты. В частности, у авторежимов № 605 и 606 при движении поезда отсутствует контакт упора с опорной площадкой. Загрузка вагона контролируется на стоянке. Применяются такие авторежимы на электро- и дизель-поездах. Разработаны и прошли испытания авторежимы, производящие измерение загрузки грузовых вагонов на стоянке при зарядке тормозной магистрали сжатым воздухом перед отправлением поезда.

Авторежимами № 605 оборудуют дизель-поезда, а № 606 – электропоезда. Они предназначены для автоматического изменения давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах при изменении загрузки. Авторежим № 606 в зависимости от загрузки вагона регулирует также величину тормозного тока при электрическом торможении и величину пускового тока в тяговом режиме.

Конструкция авторежима № 605 представлена на рисунке 6.8, а. Он состоит из трех основных узлов: управляющей части I, пневмореле II и пли-

ты III. Управляющая часть включает поршень 8, расположенный в корпусе 7 и поджатый пружинами 1 и 5. Его шток 6 снабжен упором 4, уплотненным резиновым кольцом 3 в крышке 2 корпуса. В поршень ввернут стержень 20 с продольным пазом, в котором имеется палец 19, проходящий через стакан 18, удерживаемый пружиной 10. Стакан стопорится фиксатором 31 и имеет скошенную рифленую поверхность 12, взаимодействующую с поверхностью такой же формы 15, выполненную на штоке поршня 14, поджатого пружиной 16 и закрытого крышкой 17.

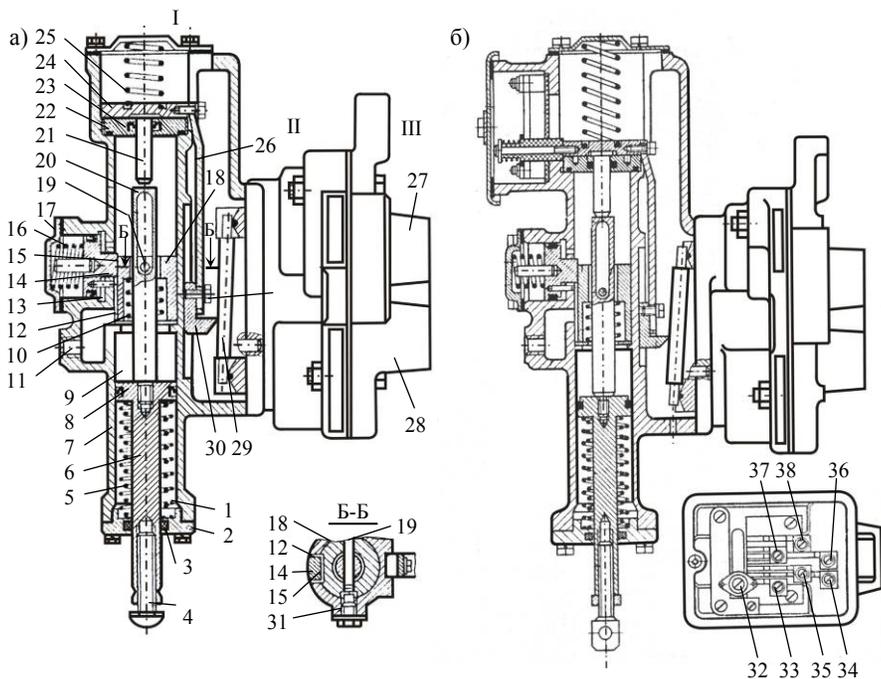


Рисунок 6.8 – Авторежимы № 605 (а) и 606 (б)

Стержень 20 при движении вверх воздействует через толкатель 21 на тарелку 24. Эта деталь механически связана с тягой 26 и закрепленным на ней сухарем 30, который контактирует с рычагом 29 пневмореле II. Толкатель 21 уплотнен манжетой 23, установленной в шайбе 22, тарелка 24 поджата пружиной 25.

К пневмореле II тремя болтами прикреплена плита III со штуцерами 27, предназначенными для крепления к воздухораспределителю, и 28 – для под-

соединения к тормозному цилиндру. Корпус реле со стороны рычага 29 соединен посредством четырех болтов с управляющей частью 1.

В корпусе 7 выполнен канал 11, сообщающий воздушные цилиндры в момент открывания дверей с полостью 9 над поршнем 8 и полостью 13 с правой стороны от поршня 14. Электрическая часть авторежима № 606 имеет контакт 32, подключенный на массу, и контакты 33–38 (рисунок 6.8, б). К контактам подводятся провода, входящие в схему системы управления тяговыми электродвигателями.

Авторежимы монтируют на подрессоренной части вагона болтами. Упор 4 располагают на расстоянии, исключающем динамическое воздействие на механизм авторежима. Регулируют зазор на порожнем вагоне.

Автоматические приборы посредством трубопроводов сообщаются с электровоздухораспределителем и тормозным цилиндром. Сжатый воздух к поршню 14 и в полость 9 поступает от цилиндров раздвижных дверей. Давление в тормозном цилиндре при торможении устанавливается управляющей частью авторежима в зависимости от степени прогиба рессорного подвешивания вагона.

При положении сухаря 30, соответствующем режиму порожнего (груженого) вагона, в процессе торможения воздух от воздухораспределителя через штуцер 27 и клапанно-поршневую систему пневмореле II поступает в тормозной цилиндр. Величина давления воздуха в нем будет 0,28–3,0 МПа (2,8–3,0 кгс/см²) на порожнем и 0,41–0,44 МПа (4,1–4,4 кгс/см²) на груженом режимах. В отпускном положении автотормозов давление в полости воздухораспределителя понижается. В результате избыточного давления со стороны тормозного цилиндра срабатывает клапанно-поршневая система пневмореле II, каналы которого сообщают цилиндры с атмосферой.

Фиксация загрузки вагонов поезда происходит в следующей последовательности. В процессе открывания наружных дверей воздух из цилиндров поступает в полости 9,13 управляющей части I и перемещает поршень 14 влево. В то же время опускается поршень 8 до соприкосновения упора 4 с упорной площадкой. Стакан 18 занимает верхнее положение, опираясь пальцем 19 в верхний торец продольного паза стержня 20.

При закрывании дверей воздух из полостей 9 и 13 выходит в атмосферу. Поршень 14 под действием пружины 16 фиксирует стакан 18, а поршень 8 со стержнем 20 поднимается до упора в палец 21, перемещая его на величину прогиба, соответствующего загрузке вагона.

6.4 Совершенствование конструкции авторежима

Применение авторежимов с временным контактом деталей фиксирующего устройства в период торможения не гарантирует защиту от повреждения авторежима, так как выход вилки для осуществления контакта с поперечной балкой при определении уровня загрузки вагона возможен при торможении на кривых малого радиуса и на стрелочных переводах.

Поэтому разработан прибор, обеспечивающий измерение загрузки и установку измерительного устройства при зарядке тормозной магистрали сжатым воздухом. После загрузки вагона и постановки его в состав перед отправлением поезда производится зарядка тормозной системы с последующим полным опробованием тормозов. Опробование с предварительной зарядкой может производиться от станционной сети или от поездного локомотива.

Принципиальная схема авторежима приведена на рисунке 6.9. В состав авторежима входят: датчик загрузки I, пневматическое реле II, редуктор датчика загрузки III. Принципиальное отличие данного авторежима от авторежима № 605 заключается в наличии редуктора датчика загрузки III, который собран в корпусе 14. Редуктор предназначен для включения измерительного устройства при зарядке тормозной системы. Полость над диафрагмой редуктора сверху закрыта крышкой 12 и подключена к рабочей камере РК воздухораспределителя, а полость под диафрагмой связана с атмосферой через отверстие в корпусе 14.

Датчик загрузки авторежима собран в корпусе 2. Крышка 1 закрывает полость, герметично отделенную от внутренней полости β датчика, связанной с редуктором. Планшайба 3 скобой 11 связана с сухарем 7.

Шток 8 жестко связан с толкателем 9 и упором 10, который обеспечивает контакт с опорной плитой 17, закрепленной на необрессоренных частях тележки. Этот контакт происходит при начальном повышении зарядного давления в тормозной магистрали, а затем при давлении $p_m = 0,25$ МПа под действием пружины упор поднимается. В корпусе датчика загрузки имеется прилив, в котором размещено устройство, обеспечивающее фиксацию стакана 6 при отсутствии давления во внутренней полости датчика за счет пружины, действующей на толкатель 13. Стакан 6 соединен со шпилькой 5, относительно которой может перемещаться шток 8.

В корпусе 14 собран редуктор, который включает датчик загрузки в работу при зарядке тормозной системы вагона перед отправлением сформированного поезда. Полость над диафрагмой редуктора подключена к рабочей камере (РК) воздухораспределителя, а полость под планшайбой 4 датчика загрузки через стакан 6 и трубопровод 16 связана с полостью α внутри редуктора и может сообщаться с тормозной магистралью (ТМ), когда давление в РК не превышает 0,25 МПа.

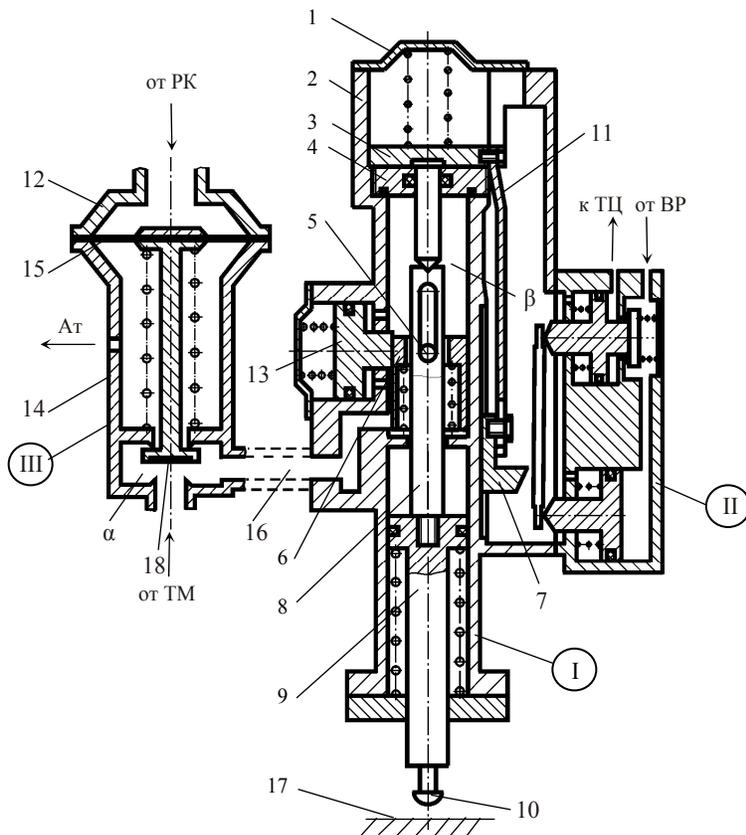


Рисунок 6.9 – Схема авторежима с временным контактом деталей измерительного узла

При зарядке тормозной системы вагона повышается давление в магистрали ТМ и в полостях α в редукторе и β внутри датчика загрузки, поршень фиксатора 13 разблокирует стакан 6 со шпилькой 5, который под действием пружины поднимается вверх. Одновременно поршень опускается вниз с толкателем 9 и упором 10, обеспечивая контакт последнего с опорной плитой 17, закрепленной на боковинах тележки. Планшайба 3 со скобой 11 опускается под действием верхней пружины вниз до упора хвостовиком в шток 8, фиксируя сухарь 7 в положении, соответствующем загрузке вагона.

Диафрагма 15 редуктора, подпружиненная снизу, удерживается в верхнем положении, пока давление в камере РК не достигнет 0,25 МПа. После этого диафрагма опускается, и клапан 18 редуктора закрывает сообщение магистрали ТМ и полостей α и β , сообщая их с атмосферой.

Под действием пружины фиксатор 13 блокирует стакан 6 в достигнутом положении. Одновременно хвостовик планшайбы 3 упирается в торец штока 8, фиксируя положение планшайбы и связанной с нею скобы 11, тем самым определяя перемещение сухаря 7 в соответствии с загрузкой вагона.

При торможении давление в тормозном цилиндре устанавливается в соответствии с результатами проведенного измерения загрузки. В случае изменения загрузки вагона необходимо произвести полную или глубокую разрядку рабочей камеры РК, что обычно происходит по прибытии состава на станцию после отцепки локомотива. Схема подключения авторежима приведена на рисунке 6.10.

При оборудовании вагонов композиционными колодками изменение давления в тормозном цилиндре от $p_{ц\min} = 0,14$ МПа до $p_{ц\max} = 0,33$ МПа осуществляется при прогибе рессорного подвешивания под полезной нагрузкой в диапазоне 0–25 мм, что соответствует нагрузке 67–167 кН/ось. При дальнейшем увеличении прогиба давление не изменяется и соответствует давлению на выходе воздухораспределителя при включении на средний режим. Это объясняется конструктивными особенностями тормозной системы грузовых вагонов, имеющих по одной тормозной колодке на колесо.

Изменением жесткости пружин и точки закрепления сухаря 7 на скобе 11 (см. рисунок 6.9) можно изменять и давление в тормозном цилиндре в пределах величин давления на выходе воздухораспределителя.

На точность регулировки величины давления в тормозных цилиндрах влияние оказывают фрикционные гасители колебаний в рессорном подвешивании тележки ЦНИИ-ХЗ, имеющие относительное трение 8–12 %. На вагонах с тележками, имеющими надбуксовое подвешивание (аналогично западноевропейским Y-25C) и тележках пассажирского типа, где отсутствуют фрикционные гасители колебаний, предложенная схема авторежима является оптимальной.

Для грузовых вагонов, имеющих тележки с надбуксовым подвешиванием и двухсторонним нажатием колодок на колесо, с повышенными осевыми нагрузками до 300 кН (30 тс) и более, в ОАО «Транспневматика» разработан авторежим ПАРРТ с датчиком управляющего давления (ДУД) (рисунок 6.11). Датчик ДУД, в зависимости от конструкции рессорного подвешивания может устанавливаться между буксой и боковиной тележки или в центральном рессорном подвешивании.

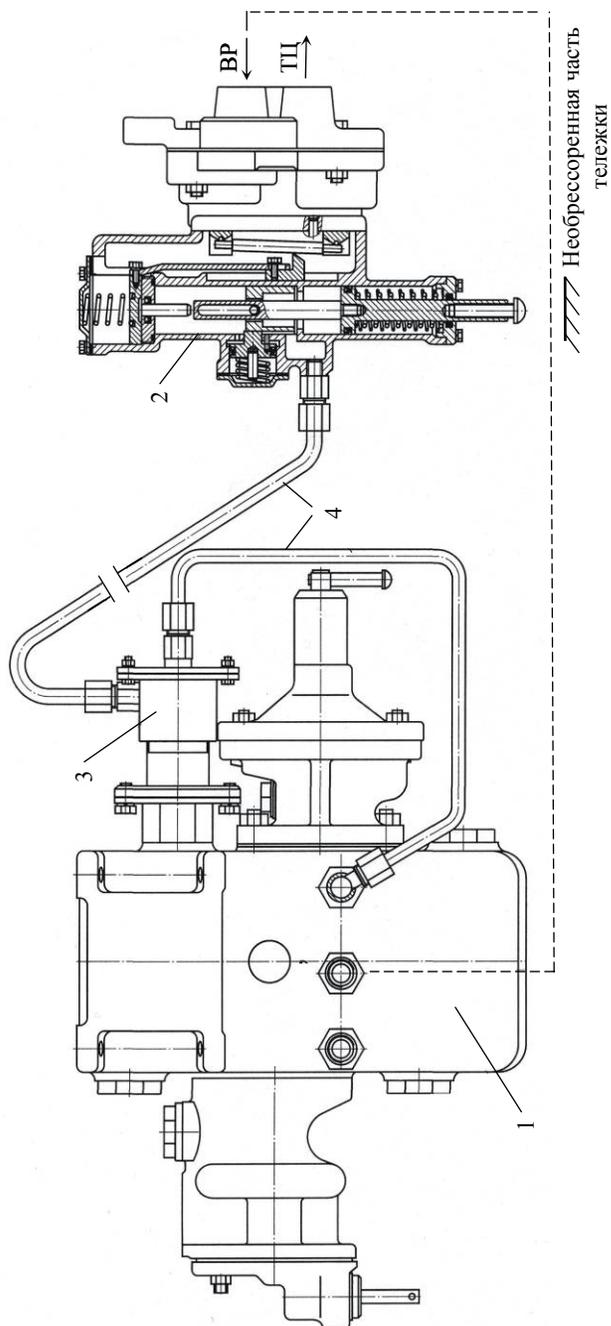


Рисунок 6.10 – Схема подключения авторежима с временным контактом:

- 1 – воздухораспределитель; 2 – авторежим; 3 – редуктор датчика загрузки;
- 4 – воздухопровод

Авторежим монтируется на кузове вагона рядом с воздухораспределителем или тормозным цилиндром и выполняет автоматическое регулирование давления в тормозном цилиндре в зависимости от величины давления сжатого воздуха, поступающего от датчика ДУД.

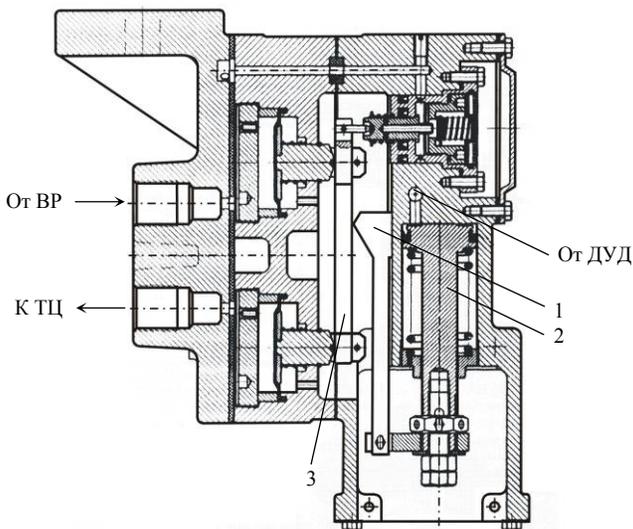


Рисунок 6.11 – Пневмоуправляемый автоматический регулятор режимов торможения (ПАРРТ)

В зависимости от загрузки вагона изменяется величина давления сжатого воздуха, поступающего от датчика ДУД, и поршень 2 перемещается вниз, передвигая вилку с сухарем 1 относительно рычага 3.

6.5 Авторежимы вагонов Западной Европы и США

На дорогах Западной Европы применяют автогрузовые регуляторы с бесступенчатым регулированием силы нажатия тормозных колодок. При изменении загрузки вагона изменяется величина давления в тормозном цилиндре или передаточное число рычажной передачи тормоза.

Авторежим для бестележечных вагонов. На рисунке 6.12 показан автогрузовой регулятор А12b фирмы Эрликон, который выполнен в виде приставки к воздухораспределителям ESt3e и ESt3f. Приставки предназначены для установки в бестележечных двухосных вагонах и имеют механическую связь с листовыми рессорами 1, которые выполняют функцию датчика загрузки-

ки. Передаточный механизм выполнен в виде рычажной передачи 7, связывающей рессоры 1 и переключатель грузовых режимов, соединенный с воздухораспределителем. Перемещения элементов устройства в процессе загрузки вагона и направления потоков воздуха при торможении показаны стрелками. При перемещении толкателя 4 с закрепленным на нем сухарем 3 происходит изменение плеч рычага 2. Поступление воздуха в тормозной цилиндр от воздухораспределителя регулируется клапаном 5, подпружиненным пружиной 6. Этот клапан открыт, если момент сил, действующих на плече a_1 от диафрагмы F_1 , превышает момент сил, действующих на плече a_2 от диафрагмы F_2 . При равенстве моментов клапан 5 закрывается.

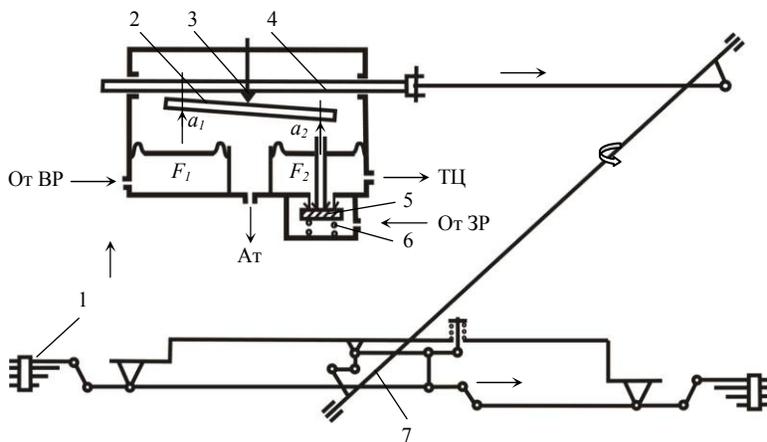


Рисунок 6.12 – Схема автогрузового регулятора системы Эрликон для бестележечных вагонов

Автоматические регуляторы передаточного числа. На железных дорогах Западной Европы применяют автогрузовые регуляторы, выполняющие бесступенчатое регулирование силы нажатия колодок при изменении загрузки вагона путем изменения передаточного числа. Такие устройства, разработанные фирмой SAB, могут взаимодействовать с воздухораспределителями различных типов. Регулятор (рисунок 6.13) включает в себя силовой блок АСЗ и пневматический датчик загрузки 1, соединенные воздухопроводом 2.

Задачу изменения передаточного числа выполняет рычажный механизм, размещенный в корпусе силового блока, за счет перемещения сухаря 8, являющегося подвижным центром поворота для рычага 7. Верхнее плечо рычага 7 шарнирно связано со штоком поршня тормозного цилиндра 6, а нижнее – с горизонтальным рычагом 9 тормозной рычажной передачи вагона.

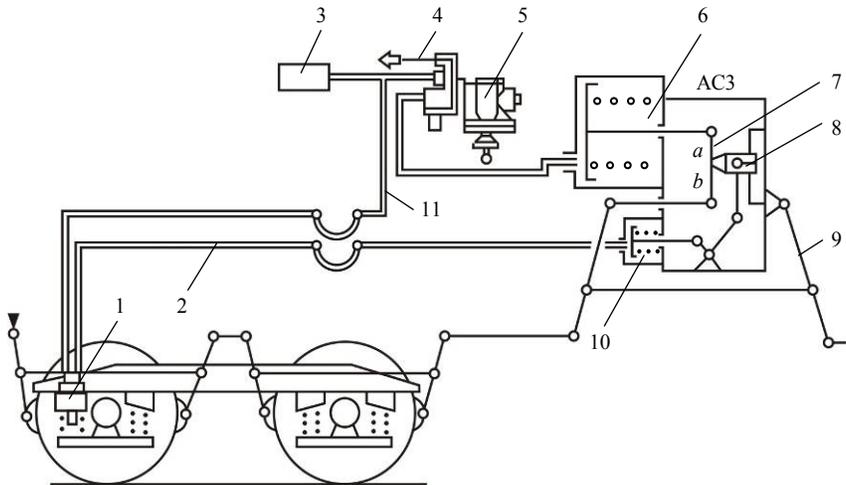


Рисунок 6.13 – Автогрузовой регулятор фирмы САВ

Воздухораспределитель 5 получает питание от тормозной магистрали 4 и производит зарядку запасного резервуара 3 воздухопроводом 11, связанным с датчиком загрузки 1 (датчик управления давлением).

Положение подвижной точки опоры 8 зависит от давления сжатого воздуха, поступающего в управляющий цилиндр 10 от датчика загрузки 1. При увеличении загрузки вагона пропорционально возрастает давление воздуха, поступающего в цилиндр 10, поэтому сухарь 8 перемещается вниз, в результате чего увеличивается соотношение плеч a и b рычага 7 и усилие, передаваемое от штока тормозного цилиндра на горизонтальные рычаги рычажной передачи.

Пневматические датчики загрузки. В устройствах регулирования тормозной силы грузовых вагонов с автоматическими регуляторами передаточного числа применяются пневматические датчики загрузки, имеющие различное конструктивное исполнение (для 2- и 4-осных вагонов, для ступенчатого и бесступенчатого регулирования). Эти приборы построены по одной принципиальной схеме и утверждены для железных дорог Западной Европы в качестве типовых Международным Союзом железных дорог (UIC).

На рисунке 6.14 приведена схема пневмодатчика DP1, который применяется для бесступенчатого регулирования силы нажатия колодок при изменении загрузки вагона в регуляторах с изменением передаточного числа рычажной передачи или давления в тормозных цилиндрах. Корпус датчика 7 закрепляется на обрессоренной части вагона или тележки, а ползун 1 упирается в деталь необрессоренной части, например корпус буксы. Под действием

нагрузки G происходит взаимное перемещение двух телескопически соединенных элементов датчика – ползуна 1 и втулки 2, которое передается через вкладыш 3, изготовленный из специальной резины, на толкатель 8 и далее на диафрагму 4. Прогибаясь вверх, диафрагма открывает клапан 5, через который воздух из запасного резервуара поступает в полость над диафрагмой, а из нее – к исполнительному устройству. Когда давление воздуха на диафрагму уравнивает действие сжатого резинового вкладыша, диафрагма устанавливается в нейтральном положении. При этом закрыты оба клапана – питательный 5 и выпускной 6. При разгрузке вагона сила G уменьшается, диафрагма под действием сжатого воздуха перемещается вниз и открывает выпускной клапан 6.

Регулирование величины перемещения толкателя 8 для вагонов, имеющих различную жесткость рессорного подвешивания и грузоподъемность, производится подбором диаметра толкателя, упирающегося в упругий резиновый вкладыш.

Датчик DP2 предназначен для ступенчатого переключения подачи сжатого воздуха в силовой блок, поэтому вместо резиновой диафрагмы в нем установлена пружина, отрегулированная в зависимости от загрузки вагона, при которой происходит автоматическое переключение режимов «Порожний» – «Груженный».

Особенностью пневматических датчиков загрузки является отсутствие пневмомеханического демпфера, который применяется в отечественных авторежимах для гашения вертикальных перемещений измерительного узла при колебаниях вагона на рессорном подвешивании. В пневматических датчиках загрузки гашение колебаний осуществляется резиновыми вкладышами, а влияние колебаний на величину тормозного нажатия компенсируется инерционностью пневматической и механической систем тормоза.

Регуляторы давления системы ДАКО. У грузовых вагонов, предназначенных для скоростей движения до 100 км/ч (режим «S» при диапазоне $\lambda = 120 \dots 70 \%$) и режима «SS» при максимальной скорости 120 км/ч и $\lambda = 120 \dots 100 \%$ необходимо обеспечить регулирование силы нажатия тормозных колодок в зависимости от загрузки $[\lambda = (\sum K / Qg) \cdot 100]$, где $\sum K$ – сум-

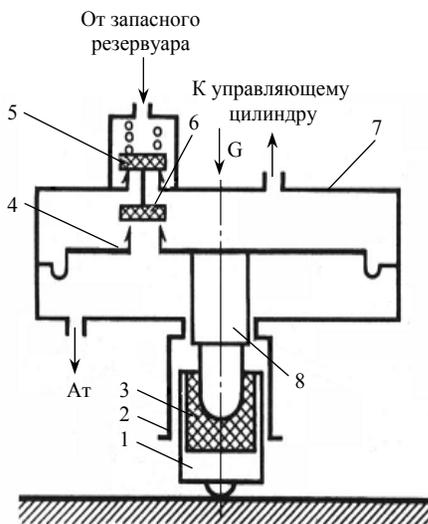


Рисунок 6.14 – Схема пневматического датчика загрузки

марная сила нажатия колодок, кН; Q – масса груженого вагона, т]. Изменение силы нажатия достигается сменой передаточного числа тормозной рычажной передачи или изменением величины давления в тормозном цилиндре. На вагонах Чехии и Словакии регулирование тормозной силы осуществляется изменением давления сжатого воздуха в тормозном цилиндре регулятором типа DAKO-D. Регулятор или добавочный вентиль DAKO-D является дополнительным устройством к тормозному оборудованию вагонов.

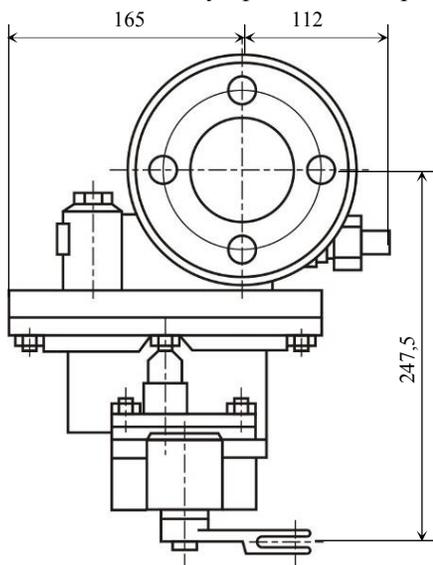


Рисунок 6.15 – Авторежим (регулятор) DAKO-D

Давление в тормозном цилиндре можно изменять ступенями при ручном переключении в два или больше положений или плавно автоматически. При автоматическом регулировании давление в тормозном цилиндре устанавливается в зависимости от загрузки вагона. Величина давления плавно изменяется для грузовых вагонов режима «SS» от 0,06 до 0,38 МПа. У вагонов режима «S» применяются два или три рабочих давления, их установку обеспечивает регулятор DAKO-D с нормальным диапазоном давлений 0,13–0,38 МПа.

Авторежим DAKO-D (рисунок 6.15) закреплен болтами между воздухораспределителем и дополнительным резервуаром ДВ и образует с ними компактный узел.

Частью регулятора давления является управляющий воздухосборник УВ объемом 2,5 л, который условно представляет собой тормозной цилиндр постоянного объема (так называемый фиктивный тормозной цилиндр). На рисунке 6.16 показан регулятор DAKO-D в положении отпуска.

Замена тормозного цилиндра резервуаром УВ обеспечивает постоянную величину давления независимо от выхода штока при износе тормозных колодок. Изменение давления в резервуаре УВ передается балансиrom 8, уравновешенным пружиной 9, и двумя поршнями 11 и 7 регулятора DAKO-D к действительному тормозному цилиндру ТЦ, который наполняется сжатым воздухом из запасного резервуара ЗР по каналу 1 через внешнее седло клапана 3.

На поршень 11 действует давление воздуха из резервуара УВ, а поршень 7 находится под давлением из тормозного цилиндра. Длины a и b плечей балан-

сира 8 могут изменяться передвижением средней подвижной опоры 10 в зависимости от загрузки вагона, соответственно изменяется и величина моментов на обоих плечах.

Давление в цилиндре ТЦ имеет различную величину в соответствии с положением подвижной опоры 10, которая устанавливается автоматически по загрузке вагона или же вручную перестановкой переключателя «Порожний – Грузенный».

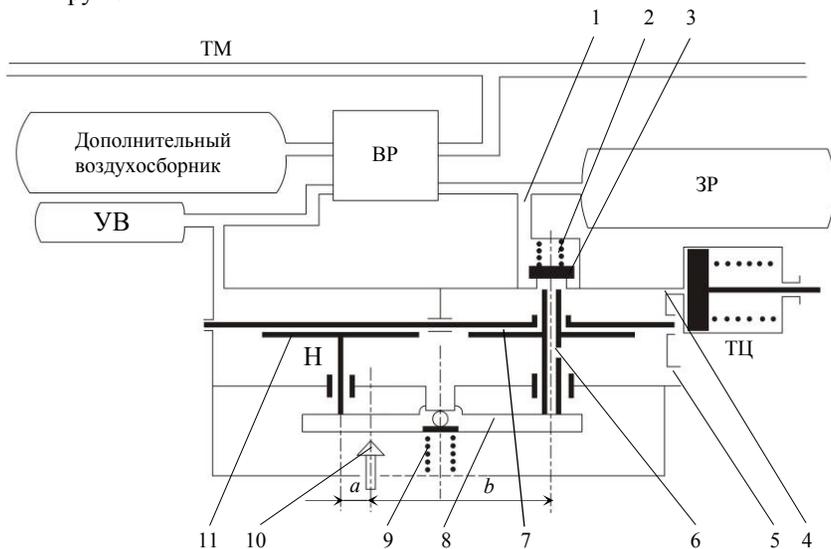


Рисунок 6.16 – Авторежим DAKO-D (схема действия) в положении «отпуска»

В отпускном положении клапан 3 своим внешним седлом благодаря пружине 2 запирает связь между резервуаром ЗР и тормозным цилиндром ТЦ. Так как в это время резервуар УВ и камера Н под поршнем 11 связаны с атмосферой через воздухохраник, то балансир 8 расположен горизонтально. Рабочее пространство ТЦ через канал 4 соединено с подвижным седлом клапана 3, отверстием 6 в штоке поршня 7 и каналом 5 – с атмосферой.

При торможении давление воздуха в управляющем резервуаре УВ будет возрастать, поэтому поршень 11 опустится и балансир 8, плечи a и b расположения которого зависят от загрузки вагона, отклонится до упора в толкатель – подвижную опору 10. Шток поршня 7 поднимается, открывая клапан 3, и воздух из запасного резервуара начнет поступать в рабочую полость тормозного цилиндра. По мере повышения давления в цилиндре ТЦ и полости над поршнем 7 последний опускается и клапан 3 закрывается, когда давление в

цилиндре будет соответствовать загрузке вагона. При этом обеспечивается соотношение давлений

$$p_n F_2 a = p_{тц} F_3 b, \quad (6.3)$$

где p_n – давление, создаваемое воздухораспределителем в управляющем резервуаре УВ;

$p_{тц}$ – давление в тормозном цилиндре;

F_2 – площадь поршня 11;

F_3 – площадь поршня 7;

a, b – размеры плеч балансира.

Таким образом, воздухораспределителем устанавливается определенная величина давления в управляющем резервуаре УВ, а усилие давления от поршня 11 передается на плечо a балансира 8. Другое плечо b балансира перемещает вверх поршень 7, а с ним и двойной клапан 3. При этом прерывается связь тормозного цилиндра с атмосферой и одновременно открывается доступ воздуха в него из запасного резервуара ЗР. После установления в тормозном цилиндре давления, при котором выравниваются силовые моменты на обоих поршнях 11 и 7 на балансира, клапан 3 садится на свое седло и прекращает поступление воздуха в ТЦ.

Данное устройство очень чувствительно и поэтому точно реагирует на любое изменение давления в резервуаре УВ.

Необходимое давление в ТЦ, соответствующее загрузке вагона, может устанавливаться вручную переключением режимов «Порожний – Грузеный» или «Порожний – Средний – Грузеный». В положении «Грузеный» устанавливается максимальное давление в тормозном цилиндре, а в положении «Порожний» величина давления зависит от тары вагона.

Для автоматического действия регулятор давления должен получать сигнал о загрузке вагона. На вагонах «SS» устанавливается пневматический датчик загрузки (рисунок 6.17), взаимодействующий с авторежимом ДАКО-D.

В США распространение получили **авторежимы с временным контактом упора и опорной плиты в процессе торможения**. Эти приборы считаются наиболее оптимальным вариантом для грузовых вагонов на тележках с фрикционными гасителями колебаний (аналогичных тележкам ЦНИИ-Х3), поскольку они удовлетворяют требованиям регулирования, учитывающим разброс величин просадки рессорного комплекта на стоянке и в движении.

Авторежим WABCO ELX-B (рисунок 6.18) работает таким образом, что сенсорный рычаг 13 опускается и винт 12 касается необрессоренной части тележки только в процессе торможения.

В состав авторежима входят корпус 3 с концевыми крышками 1 и 10, золотник 15 с управляющим поршнем 2, уплотненным диафрагменной манжетой 18, уравнильный поршень 8, связанный с дисковым клапаном 9, индикаторный клапан 5, отпускной клапан 11 и приводной сенсорный рычаг 13 с регулирующим винтом 12.

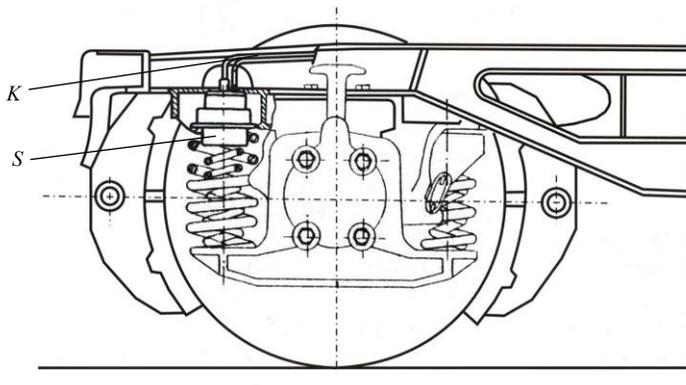


Рисунок 6.17 – Пневматический датчик загрузки на тележке Y-25:
S – датчик загрузки; K – трубопроводы к регулятору давления

Полость 14 авторежима соединяется с тормозным каналом воздухораспределителя, каналом Y – с уравнильным резервуаром, а каналом 4, закрытым сеточным фильтром, – с атмосферой. К тормозным цилиндрам ведет канал ТЦ.

Внутри корпуса запрессована втулка 16, имеющая радиальные отверстия, в ней расположен золотник 15. Привод золотника осуществляется от управляющего поршня 2 с диафрагмой 18, которая закрепляется между корпусом 3 и крышкой 1. Поршень 2 соединен с тягой 19 и далее с двуплечим рычагом 20, связанным с сенсорным рычагом 13, на котором закреплен регулирующий винт 12, которым производится регулировка авторежима в зависимости от тары вагона. С другой стороны поршень 2 взаимодействует со штоком 17 и золотником 18. В корпус 3 на резьбе присоединена фасонная крышка 10 с дисковым клапаном пропорциональности 9, который через пружину взаимодействует с золотником 15. Дисковый клапан 9 в переходных положениях перекрывает сообщение тормозного цилиндра (канал ТЦ) с воздухораспределителем (канал ВР). Канал Y от уравнильного резервуара связан с полостью 4, когда под действием пружины 6 поршень 7 индикатора 5 находится в нижнем положении.

При полностью загруженном вагоне сенсорный рычаг 13 находится на уровне α , и золотник 15 занимает крайнее положение, соединяя каналы ВР и

ТЦ. В этом положении золотника уравнильный резервуар через канал Y , индикаторную полость и канал 4 сообщается с атмосферой, а полость диафрагменной камеры – с полостью перед дисковым клапаном 9, который находится слева по чертежу, и воздух от воздухораспределителя без уменьшения давления через канал ВР поступает в канал ТЦ, ведущий к тормозному цилиндру.

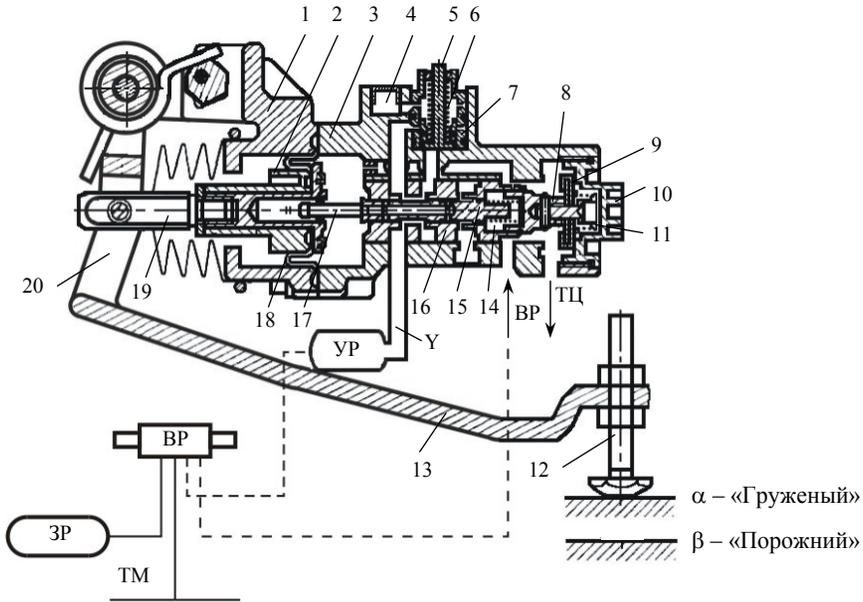


Рисунок 6.18 – Авторежим WABCO ELX-B на груженом вагоне в процессе торможения

При порожнем режиме сенсорный рычаг находится на уровне β и золотник 15 сжимает пружину в полости 14. Связь уравнильного резервуара УР с атмосферой через канал 4 перекрывается, поскольку индикатор 5 поднимается вверх. Уравнильный резервуар каналом Y через полость под индикатором 5 теперь сообщается с каналом ВР от воздухораспределителя. Давление в тормозном цилиндре зависит от давления, создаваемого воздухораспределителем, и усилия пружины 14, а индикаторный клапан 5 препятствует повышению давления в тормозном цилиндре выше установленной величины.

Характерной особенностью авторежима является то, что процесс изменения загрузки происходит при торможении, то есть сенсорный рычаг опускается к опорной поверхности перед наполнением тормозного цилиндра сжатым воздухом.

7 СИЛОВЫЕ УСТРОЙСТВА ТОРМОЗОВ И АРМАТУРА

7.1 Тормозные цилиндры

Преобразование давления сжатого воздуха в усилие прижатия тормозных фрикционных элементов (колодок или накладок) осуществляется тормозными цилиндрами, причем перемещение поршня и штока цилиндра должно протекать плавно в соответствии с повышением давления.

В отличие от пневматических устройств управления тормозами силовые устройства являются механическими и работают при значительных нагрузках до 40–50 кН (4000–5000 кгс) по штоку. Важной характеристикой силовых устройств является их универсальность и приспособленность к работе независимо от типа тормозных систем.

На железных дорогах бывшего СССР наибольшее распространение получили тормозные цилиндры с литым чугунным корпусом. В последние годы начали применяться штампованные стальные цилиндры. Их вес почти на 40 % меньше веса чугунных цилиндров. Такие тормозные цилиндры широко применяются на западноевропейских железных дорогах.

В настоящее время российскими заводами и заводами Украины выпускаются стандартные цилиндры с размерами по внутреннему диаметру 203, 254, 305, 330, 356 и 400 мм. Часто они обозначаются в дюймовой системе мер 8", 10" и т. д. На большинстве грузовых вагонов смонтированы тормозные цилиндры № 188Б диаметром 356 мм (14"). На большегрузных 6- и 8-осных вагонах применяют тормозные цилиндры диаметром 400 мм (16") № 519Б. Цилиндры № 501Б диаметром 356 мм устанавливаются на пассажирских вагонах и вагонах электропоездов и отличаются конструкцией задней крышки, имеющей место для установки воздухораспределителя.

Максимальный ход поршня l до упора в переднюю крышку составляет 240 мм. Индекс Б после номера обозначает, что в цилиндре для уплотнения поршня применяется кольцевая резиновая манжета. Корпуса этих цилиндров, передняя и задняя крышки и поршни – чугунные. Задняя крышка уплотнена резиновым кольцом и крепится к чугунному цилиндрическому корпусу большим числом болтов (12), чем передняя (8). Это сделано, поскольку задняя крышка находится под рабочим давлением сжатого воздуха, а передняя – под действием отпусковой пружины.

Цилиндры № 188Б, 519Б и 501Б для грузовых и пассажирских вагонов имеют штоки, жестко связанные с поршнями (рисунок 7.1, а, б). Как правило,

такая конструкция применяется в одноцилиндровых тормозных системах с длинными тягами симметричной рычажной передачи (рисунок 7.2, а), где шток 2 цилиндра свободен от действия изгибающей нагрузки и совершает прямолинейное движение. Передний горизонтальный рычаг 3 и затяжка 4 перемещаются относительно штока 2, а задний горизонтальный рычаг 6 поворачивается в неподвижном шарнире 5.

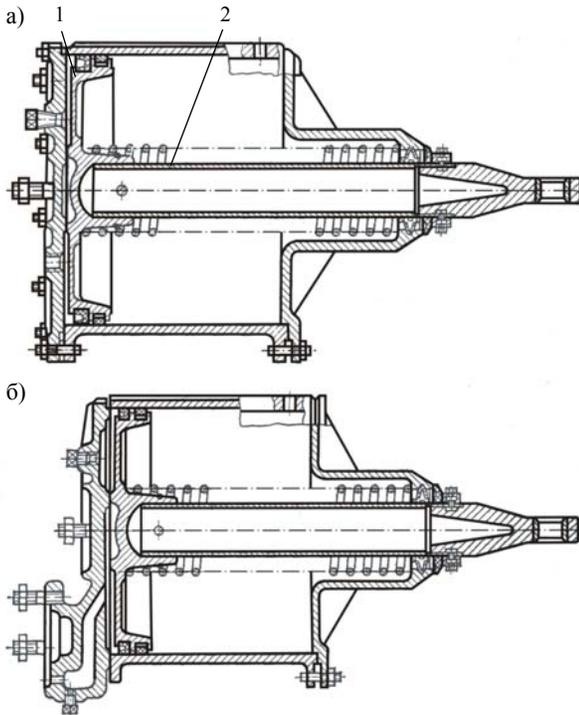


Рисунок 7.1 – Тормозные цилиндры:
а – № 188Б и 519Б; б – № 501Б пассажирского вагона

При установке цилиндров в верхние отверстия рычагов 3(6) и затяжки 4 передаточное число ТРП уменьшается. Такая рычажная передача применяется при композиционных колодках.

На локомотивах и на некоторых типах вагонов применяются многоцилиндровые системы, позволяющие упростить тормозную рычажную передачу, увеличить ее КПД. В многоцилиндровых несимметричных тормозных рычажных передачах возникают силы, отклоняющие шток от первоначального положения ввиду жесткого закрепления шарнира (рисунок 7,2, б). Во время перемещения поршня происходит отклонение штока 1 от осевой линии по дуге окружности, поскольку он соединен с горизонтальным рычагом 2, имеющим жесткое центральное закрепление, а цилиндр 3 расположен в начале передачи и имеет самоустанавливающийся шток.

В связи с совершенствованием тормозов грузовых вагонов и увеличением нагрузки на ось до 25 т на таких вагонах начали применяться двухцилиндровые тормозные системы с цилиндрами № 710 меньшего диаметра – 254 мм.

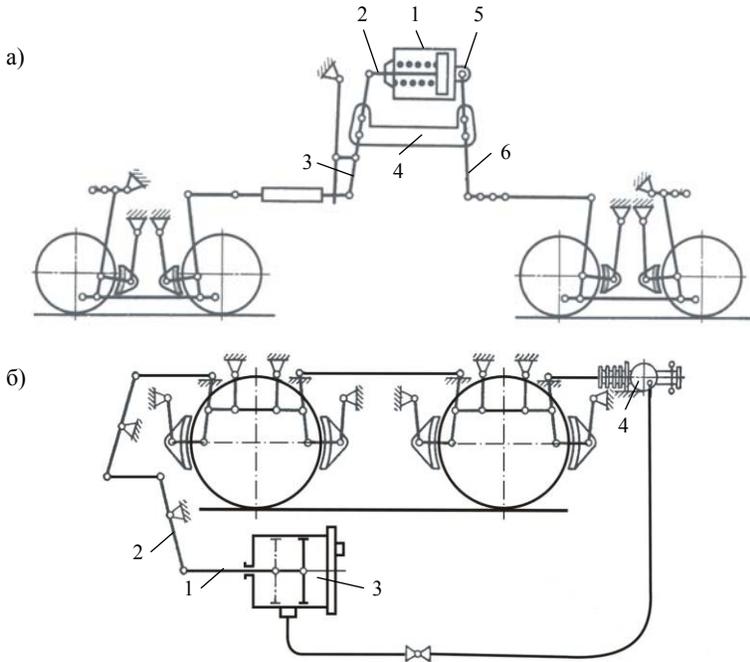


Рисунок 7.2 – Схема установки тормозного цилиндра при симметричной (а) и несимметричной (б) рычажных передачах

Планируется применение тормозных цилиндров со встроенным регулятором выхода штока ТЦР-10-75. Система, объединяющая функции тормозного цилиндра и авторегулятора, имеет на 48 кг меньшую массу и обладает большей комплектностью (рисунок 7.3).

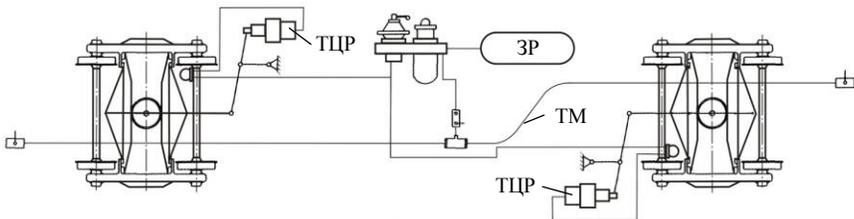


Рисунок 7.3 – Перспективная тормозная система грузовых вагонов с потележечным торможением и встроенным регулятором выхода штока

Для новой тележки грузовых вагонов с двухсторонним нажатием тормозных колодок на колесо (рисунок 7.4) вместо тормозного цилиндра диаметром 254 мм возможно применение цилиндра диаметром 203 мм (8") со встроенным регулятором.

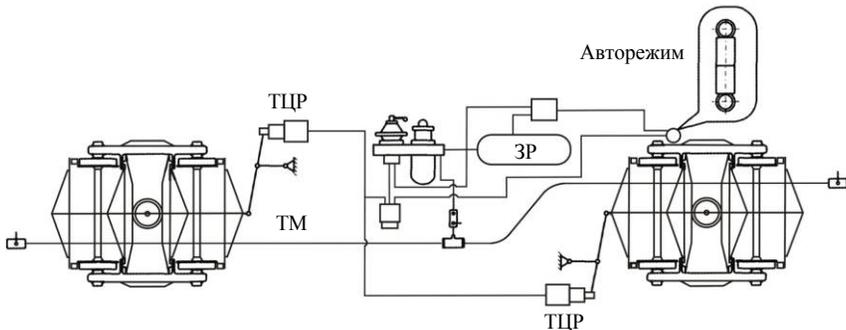


Рисунок 7.4 – Тормозная система вагона с двухсторонним нажатием колодок на колесо

На рисунке 7.5 показан тормозной цилиндр № 507Б диаметром 254 мм. Шток 9 шарнирно закреплен в поршне 8 при помощи стержня 10. Шток находится внутри трубы 11, жестко зафиксированной в поршне, и может отклоняться от горизонтали в пределах внутреннего диаметра трубы. Поскольку головка 14 закреплена на штоке, она также имеет возможность отклоняться. В передней крышке 12 установлен прикрытый резиновой шайбой 16 сетчатый фильтр 17, который закрывает отверстия, служащие для пропуска атмосферного воздуха в цилиндр при обратном ходе поршня и для выпуска воздуха из цилиндра при рабочем ходе. Обратный ход поршня осуществляется за счет усилия пружины 13, установленной в удлиненной горловине передней крышки 12 и упирающейся в поршень 8. На трубе 11 закреплено кольцо 15, позволяющее безопасно вынуть поршень вместе с передней крышкой 12 из цилиндра после предварительного ослабления болтов 18, а затем полного их отворачивания. При разборке тормозного цилиндра после ослабления болтов 18 усилие пружины 13 воспринимается стержнем 10 и упорным кольцом 15 на трубе 11. Резиновая шайба 16 диаметром 72 мм защищает горловину крышки 12 от проникновения загрязнений внутрь цилиндра.

Отверстие, закрытое коническим болтом 1, служит для установки манометра в случае контрольной проверки тормозов. Задняя крышка 2 прикрепляется болтами 4 диаметром 12 мм. Отверстие 3 служит для подвода сжатого

воздуха от воздухораспределителя. Корпус 5 цилиндра имеет направляющие ползки с отверстиями для крепления на раме локомотива. Поршень 8 цилиндра уплотняется манжетой 6 и маслосъемным войлочным кольцом 7.

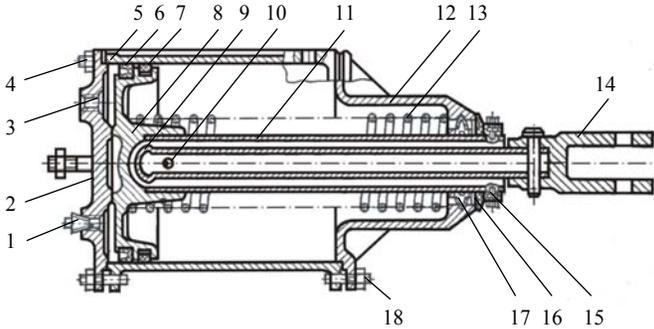


Рисунок 7.5 – Тормозной цилиндр локомотивов с шарнирным соединением штока с поршнем

В последнее время выпускаются штампованные тормозные цилиндры № 002 (ранее № 586) с номинальным диаметром 356 мм (14"), применяющиеся на грузовых вагонах (рисунок 7.6).

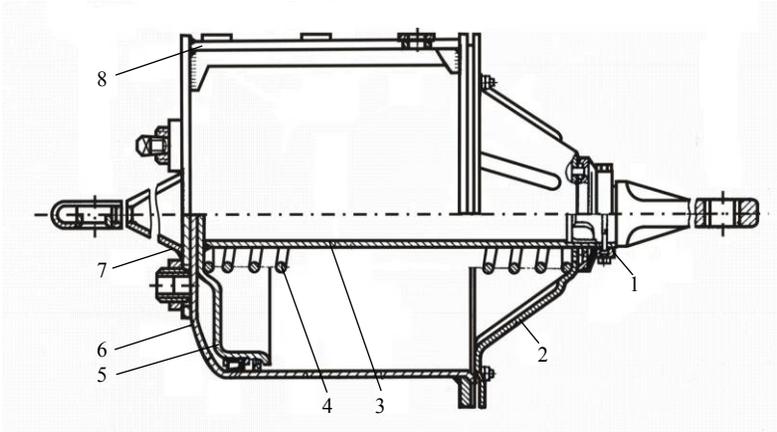


Рисунок 7.6 – Тормозной цилиндр № 586

Цилиндры имеют изготовленные из стального листа корпус 6, переднюю крышку 2 и поршень 5. Шток 3 цилиндра жестко связан с поршнем. В крышке расположен сетчатый фильтр. Пружина 4 надета на шток между поршнем и крышкой 2. На трубе штока 3 закреплено кольцо 1, предназначенное

для удержания в сборе поршня 5 с пружиной 4 и крышкой 2 при разборке тормозного цилиндра. Для крепления цилиндра на кузове вагона к его корпусу приварены полозки 8 с отверстиями. Кронштейн «мертвой точки» 7 приварен к задней стенке цилиндра. Масса цилиндра – не более 70 кг. Чугунные цилиндры такого диаметра имеют массу 115 кг.

По аналогичной схеме были выпущены тормозные цилиндры диаметрами 254 и 400 мм с жесткими и шарнирными соединениями поршня и штока.

Для некоторых типов электропоездов применяются укороченные тормозные цилиндры № 578, имеющие диаметр 254 мм и максимальный ход поршня 125 мм. У этих цилиндров шток самоцентрирующийся, шарнирно связанный с поршнем. Предусмотрена возможность присоединения к корпусу цилиндра пневмопривода авторегулятора выхода штока.

При многоцилиндровых тормозных системах, которые применяются на локомотивах, мотор-вагонном подвижном составе и пассажирских вагонах скоростных поездов, могут быть использованы тормозные цилиндры меньшего диаметра, значительно упрощается конструкция рычажной передачи, повышается ее надежность и КПД. Перспективно для многоцилиндровых систем применение силовых тормозных единиц, в которых скомпонованы в одном блоке тормозной цилиндр, регулятор выхода штока и тормозная колодка. В то же время при большом числе цилиндров усложняется пневматическая схема тормоза, а в случае размещения цилиндров на тележках требуются гибкие воздухопроводы для соединения их с воздухораспределителями.

На части локомотивов и вагонах высокоскоростных поездов применяются тормозные цилиндры ТЦР-3 диаметром 203 мм со встроенным регулятором (рисунок 7.7), цилиндры № 664, 665 диаметром 125 мм и № 666, 667, 670 диаметром 203 мм. Эти цилиндры имеют небольшой рабочий ход поршня от 9 до 12 мм и применяются в дисковых тормозах. У цилиндров ТЦР-10, которые предназначены для прижатия тормозных колодок к поверхности катания колесных пар, рабочий ход поршня увеличен до 75 мм.

Тормозной цилиндр ТЦР-3 имеет стальной штампованный корпус 1 с приварным дном, поршень 2 с возвращающей пружиной 3, уплотненный резиновой манжетой и маслосъемным кольцом. Винтовой шток 5 имеет несамотормозящую резьбу, по которой могут перемещаться регулирующие гайки 4 и 7, поджатые пружинами 6 и 10. Вращение гаек может ограничиваться гильзами 8 и 9. При вращении гаек по мере износа тормозных накладок выдвигается винтовой шток и между накладкой и диском поддерживается установленный зазор.

Встроенный регулятор обеспечивает автоматическое регулирование величины хода штока в пределах, гарантирующих постоянную величину зазо-

ров между колодками и бандажом колеса или между накладками и тормозным диском по мере их износа.

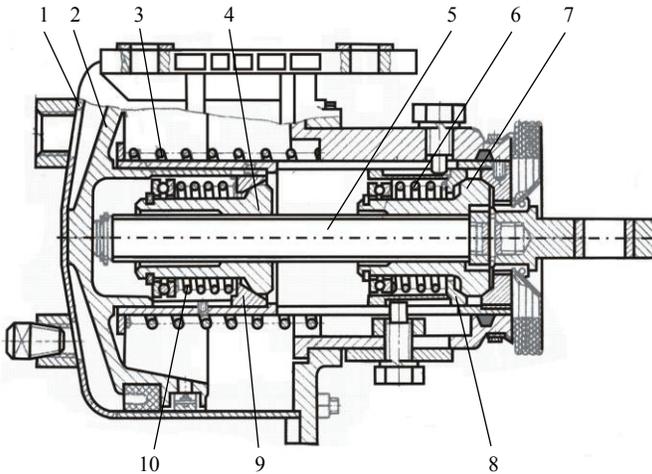


Рисунок 7.7 – Тормозной цилиндр ТЦР-3 со встроенным авторегулятором

Тормозные цилиндры № 665, 667 рассчитаны на аварийное автоматическое торможение при разряженной тормозной магистрали и удержание вагона на стоянке.

Тормозные колодочные блоки № 673 и 674 предназначены для прижатия тормозных колодок к бандажам колесных пар и применяются на пассажирских и грузовых электровозах. Они снабжены автоматическим регулятором выхода штока, который обеспечивает постоянную величину зазора между колодками и бандажом по мере износа тормозных колодок. Блок № 674 (рисунок 7.8) предназначен также для аварийного торможения и удержания электровоза на стоянке при отсутствии давления сжатого воздуха в тормозном цилиндре.

Тормозные цилиндры проверяют на работоспособность при давлении 0,6 МПа, причем падение давления в течение 3 мин должно быть не более 0,01 МПа. Ресурс работы тормозного цилиндра должен быть 1,5 млн, а наработка на отказ – не менее 200 тысяч двойных ходов.

В западноевропейских тормозах применяются стандартизованные тормозные цилиндры, имеющие размеры 7", 10", 12", 14", 16" и 18" (рисунок 7.9). Цилиндры большого диаметра 18" (458 мм) устанавливают на тяжелых скоростных пассажирских вагонах, а цилиндры 16" (406 мм) – на скоростном

подвижном составе. Тормозные колодочные блоки диаметром 7" используются на новых локомотивах.

К штампованному корпусу 12 тормозного цилиндра на шести болтах прикреплена передняя крышка 7. Поршень 2 уплотнен манжетой 3 и войлочным смазочным кольцом 4 с распорной пружиной. Самоустанавливающийся шток 10 связан шарнирно с поршнем чекой 5. Разность диаметров штока 10 и направляющей трубы 8, уплотненной сальником 9, позволяет штоку отклоняться от горизонтали при установке тормозного цилиндра в односторонней рычажной передаче. При выпуске воздуха поршень возвращается в исходное положение отпусковой пружиной 6, усилия которой достаточно для отвода в отпускное положение всей рычажной передачи вместе с тормозными колодками. Кронштейн «мёртвой точки» 14 приварен к задней стенке цилиндра.

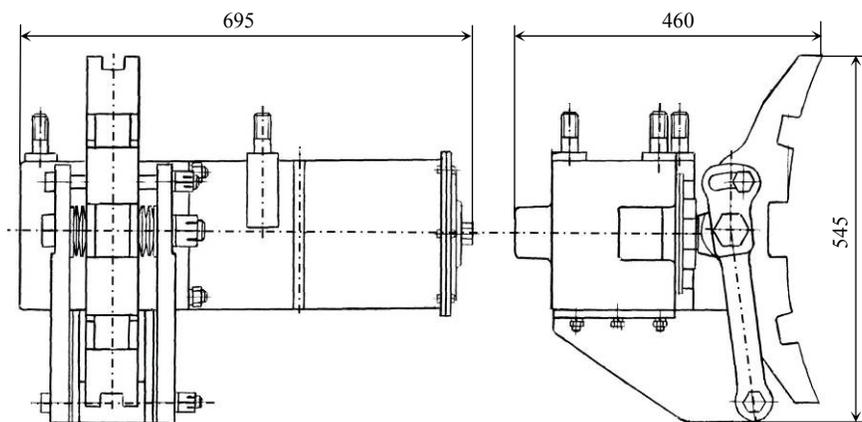


Рисунок 7.8 – Тормозной колодочный блок № 674

До 1967 года вагоны Чехии и Словакии оборудовались тормозными цилиндрами, в которых усилие пружины 6 было рассчитано только на возвращение поршня 2 в исходное положение. Тормозные колодки и рычажную передачу в положение отпуска приводила пружина, размещаемая между горизонтальными рычагами.

Для выравнивания давления перед поршнем и за ним при торможении ручным тормозом в поршне имеется отверстие А, закрытое подпружиненной пробкой. Сжатый воздух поступает к цилиндру через отверстие 13. При необходимости подключения манометра используется отверстие с конической резьбой, закрытое пробкой 1. Чтобы при торможении не возникал под-

пор от воздуха, сжимаемого при перемещении поршня, в передней крышке предусмотрено отверстие, прикрытое сетчатым фильтром 11.

На некоторых западноевропейских дорогах применяют двухпоршневые тормозные цилиндры. Такие конструкции могут применяться для грузовых вагонов – двухцилиндровая система – или для пассажирских многоцилиндровых систем.

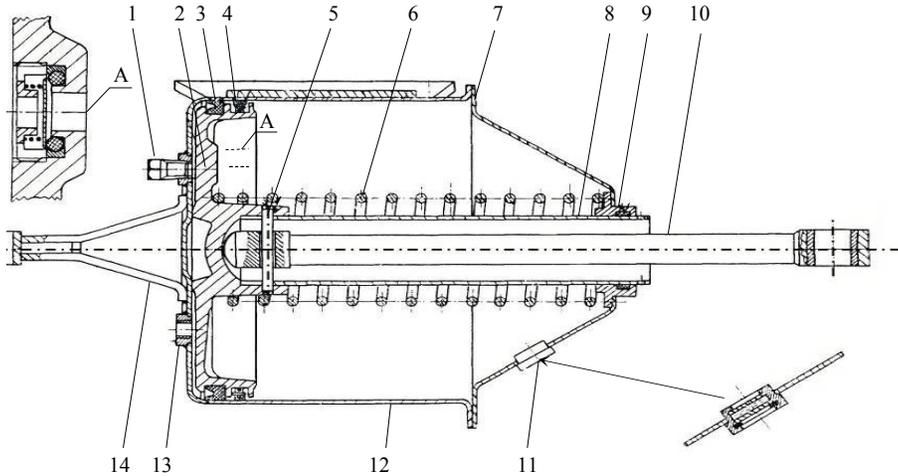


Рисунок 7.9 – Тормозной цилиндр западноевропейских вагонов

Расчет усилия по штоку тормозного цилиндра. У применяющихся тормозных цилиндров, имеющих различия по диаметру, ходу штока (поршня) и конструкции корпусной части усилие по штоку $P_{ш}$, Н, зависит от давления сжатого воздуха, диаметра поршня и усилия пружин, взаимодействующих с поршнем:

$$P_{ш} = 10^6 \frac{\pi D^2}{4} (p_{ц} - p_0) \eta_{ц} - P_{пр} - l_{ш} \cdot j_{пр} - Q_{ар}, \quad (7.1)$$

где D – внутренний диаметр цилиндра, м;

$p_{ц}$ – абсолютное давление в тормозном цилиндре, МПа;

p_0 – атмосферное давление, $p_0 = 0,1$ МПа;

$\eta_{ц}$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в тормозном цилиндре (принимается 0,98);

$P_{\text{пр}}$ – усилие предварительного сжатия оттормаживающей (отпускной) пружины, Н;

$l_{\text{ш}}$ – максимальный ход поршня, м;

$ж_{\text{пр}}$ – жесткость оттормаживающей пружины, Н/м;

$Q_{\text{ар}}$ – усилие пружин авторегулятора, приведенное к штоку поршня, Н.

Для вагонов с рычажным приводом авторегулятора (рисунок 7.10, а)

$$Q_{\text{ар}} = F_{\text{пр}} \left(\frac{b}{a} - \frac{c}{a} \cdot \frac{d+e}{d} \right), \quad (7.2)$$

где $F_{\text{пр}}$ – усилие пружины авторегулятора, Н;

a, b, c, d, e – размеры плеч горизонтального рычага и привода авторегулятора, м.

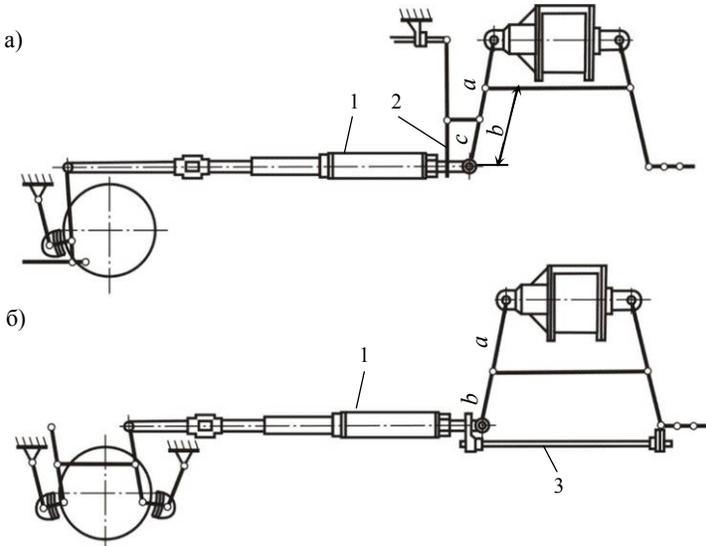


Рисунок 7.10 – Размещение авторегулятора с рычажным (а) и стержневым (б) приводами на ТРП вагонов:

1 – авторегулятор; 2 – рычаг привода; 3 – стержень привода

Для вагонов со стержневым приводом авторегулятора (рисунок 7.10, б)

$$Q_{\text{ар}} = F_{\text{пр}} \frac{b}{a}. \quad (7.3)$$

Расчетное тормозное нажатие уменьшается от воздействия возвратной пружины авторегулятора, которое не зависит от величины давления сжатого воздуха в тормозном цилиндре. При композиционных колодках на порожнем режиме воздухораспределителя сила нажатия при стержневом приводе может уменьшаться на 30–50 %.

Рычажный привод уменьшает силу нажатия тормозных колодок значительно меньше.

7.2 Тормозная рычажная передача

Назначение. Для передачи усилия от штока тормозного цилиндра и распределения его между фрикционными элементами служит механическая система рычагов и тяг – тормозная рычажная передача (ТРП). На большинстве грузовых и пассажирских вагонов, имеющих один тормозной цилиндр, конструкция ТРП зависит от количества тормозных колодок, действующих на колесо.

Обеспечение непосредственного нажатия штока тормозного цилиндра на фрикционные элементы во многих случаях невозможно по конструктивным соображениям. Таким образом, необходимость введения ТРП продиктована функциональными и конструктивными особенностями тормозной системы.

Тормозные рычажные передачи большинства вагонов и локомотивов бывают с одно- и двухсторонним нажатием колодок на колесо (см. рисунок 7.2).

Преимущества двухстороннего нажатия:

- колесная пара не испытывает выворачивающего действия;
- меньше величина нажатия тормозной колодки, поэтому меньше ее износ и больше коэффициент трения;
- возможность более полной реализации запаса по сцеплению, особенно для вагонов с большой осевой нагрузкой;
- меньшая длина тормозного пути полногрузных вагонов.

Недостатки двухстороннего нажатия:

- относительная сложность и большой вес тормозной рычажной передачи;
- большой нагрев колес (на 10–15 % из-за худших условий теплоотвода).

С применением композиционных колодок, имеющих большой коэффициент трения и, соответственно, меньшую силу нажатия, недостатки одностороннего нажатия уменьшаются.

В состав ТРП входят: горизонтальные и вертикальные рычаги, продольные тяги, затяжки (распорки), тяги ручного привода тормоза, башмаки, подвески и тормозные колодки, триангели или траверсы и предохранительные устройства.

Процесс перемещения рычагов и тяг в ТРП грузового или пассажирского вагона происходит примерно за 0,5 с, пока в тормозном цилиндре не образуется скачковое давление около 0,04 МПа (0,4 кгс/см²), необходимое для преодоления усилия пружин, имеющих в составе передачи, и для перемещения тормозных колодок и прижатия их к фрикционной поверхности колес.

Передаточное отношение и передаточное число являются характеристиками тормозной рычажной передачи.

Передаточное отношение – это силовая характеристика, представляющая собой отношение суммы сил нажатия тормозных колодок, приводимых в действие от одного цилиндра, к силе, которая образуется по его штоку:

$$i = \frac{Km}{P_{ш}}, \quad (7.4)$$

где K – сила нажатия одной тормозной колодки;

m – число колодок, действующих от одного цилиндра.

Передаточное число – геометрическая характеристика рычажной передачи. Она определяется по принятой схеме ТРП из соотношения ведущих и ведомых плеч рычагов:

$$n = m_{\delta} \frac{\Pi I_1}{\Pi I_{II}} \cos \alpha, \quad (7.5)$$

где m_{δ} – число пар колодок – триангелей или траверс, действующих от одного тормозного цилиндра. У многоцилиндровых передач, в которых отсутствуют триангели или поперечные траверсы, m_{δ} принимается равным числу колодок;

ΠI_1 – произведение длин *ведущих* плеч рычагов от штока тормозного цилиндра до колесной пары;

ΠI_{II} – произведение длин *ведомых* плеч рычагов;

α – угол действия силы K прижатия тормозной колодки относительно горизонтальной оси колеса. Для вагонов принимают $\alpha = 0$ или $\alpha = 10^\circ$, для локомотивов – до 30° .

Сила нажатия всех тормозных колодок на единице подвижного состава, как правило, принимается одинаковой, поэтому при расчете суммарного пе-

редаточного числа для колодок, действующих от одного тормозного цилиндра, учитывают длину рычагов до ближайшей к цилиндру тормозной колодки или пары колодок. Длина рычагов принимается с учетом их проектного наклона относительно тяг.

Поскольку величина передаточного отношения и геометрической характеристики вытекает из принятой схемы ТРП, то обычно принимают $i = n\eta_m$, и КПД рычажной передачи равен частному от деления передаточного отношения i на передаточное число n :

$$\eta_m = \frac{i}{n}, \quad (7.6)$$

где η_m – механический КПД рычажной передачи. Учитывает потери на трение в шарнирах.

На рисунке 7.10 видно, что колодки подвешены ниже средней линии (горизонтали) колеса. Такая схема принята для одноцилиндровых тормозных систем грузовых и некоторых типов пассажирских вагонов, в частности, на тележках ЦМВ.

Размещение колодки ниже горизонтальной оси колеса способствует её самопроизвольному отходу от поверхности катания после снятия силы прижатия. Благодаря этому должен предотвращаться клиновой износ колодок в тормозных рычажных передачах, не имеющих автоматических регуляторов хода поршня.

В ТРП железнодорожного подвижного состава передаточное отношение i и передаточное число n отличаются на величину КПД передачи. Передаточное число ТРП определяется в зависимости от длины ведущих и ведомых плеч рычагов, которая определяется по месту приложения силы от штока тормозного цилиндра. Размещение рычагов и точек их поворота определяется схемой конструктивного размещения ТРП на элементах тележки.

Рычаги бывают первого и второго рода (рисунок 7.11).

При определении передаточного числа для пары колодок, объединенных траверсой или триангелем, или для одинарной колодки остальные колодки считаются прижатыми. Это позволяет установить центр поворота рычага и длину ведомого и ведущего плеч. Поскольку загрузка вагона или вес локомотива равномерно распределяются между осями экипажа, то передаточное число ТРП для всех осей одинаково. Таким образом, передаточное число рычажной передачи *четырёхосного грузового вагона с односторонним нажатием*

$$n = 4 \frac{a}{b} \cdot \frac{b+z}{z} \cos \alpha, \quad (7.7)$$

где a, b – ведущее и ведомое плечи горизонтальных рычагов;
 b, z – то же вертикальных рычагов.

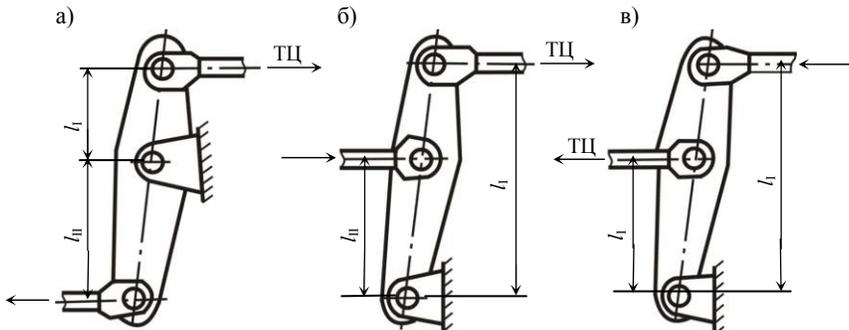


Рисунок 7.11 – Схема расположения ведущих и ведомых плеч рычагов различных видов:

a – рычаг первого рода; $b, в$ – рычаги второго рода;

l_1 – ведущее плечо (со стороны тормозного цилиндра); l_2 – ведомое плечо (со стороны колодок)

У пассажирских четырехосных вагонов распределение ведущих и ведомых плеч другое, поэтому передаточное число при одноцилиндровой системе

$$n = 8 \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{z} \cos \alpha. \quad (7.8)$$

Оптимальная величина передаточного числа ТРП зависит от ряда факторов. При её выборе руководствуются следующими соображениями:

– при большом n , имея заданную величину силы нажатия K и величину давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах, можно применять цилиндры меньшего диаметра и уменьшить вес тормозного оборудования;

– в то же время при большом n увеличивается ход поршня тормозного цилиндра или должен быть уменьшен зазор между колодками и колесами, а также ухудшаются условия регулировки рычажной передачи по мере износа колодок.

В грузовых вагонах нормальный выход штока 75–125 мм при чугунных колодках и 50–100 мм – при композиционных. У пассажирских величина вы-

хода штока – 130–160 мм независимо от типа колодок. При величине зазора между колодками и колесом 6–8 мм и коэффициенте зазора в шарнирах $B = 1,7 \dots 2,2$ рациональное передаточное число ТРП грузовых вагонов при чугунных колодках – 6–12 и композиционных – 4–10. У пассажирских вагонов $n = 7 \dots 14$, а с секционными чугунными колодками – до $n = 16$.

Особенность непрямодействующих тормозов пассажирского подвижного состава заключается в том, что величина давления в тормозных цилиндрах зависит от выхода штока. У грузовых вагонов такая зависимость наступает только при глубокой (экстренной) разрядке тормозной магистрали.

Поскольку передаточное число ТРП и ведущие плечи горизонтальных рычагов при композиционных колодках меньше, чем при чугунных, то выход штока при нормальном зазоре между колодками и колесами также будет меньше. Следовательно, давление в тормозном цилиндре будет выше, чем при чугунных колодках, что может привести к заклиниванию колесных пар. Поэтому в тормозных цилиндрах пассажирских вагонов искусственно завышают объем рабочей полости на $l = 70$ мм, надевая на шток поршня хомут, который не дает возможности поршню при отпуске тормоза переместиться до упора в заднюю стенку цилиндра. Таким образом, увеличивается объем рабочей полости цилиндра. В связи с тем, что в свободном пространстве цилиндра остается воздух атмосферного давления, при торможении с композиционными колодками это приводит к завышению давления примерно на 0,02 МПа (0,2 кгс/см²) в тормозном цилиндре (рисунок 7.12).

Максимальные значения n и i зависят, в первую очередь, от числа колодок, действующих от данного тормозного цилиндра, осевой нагрузки колеса и коэффициента трения колодки. Для грузовых поездов важным оказывается длительность непрерывного торможения, поскольку этим определяется нагрев колесной пары и износ фрикционного элемента.

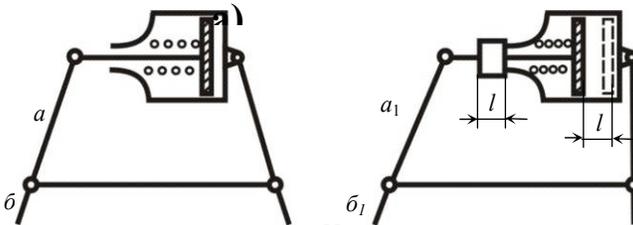


Рисунок 7.12 – Увеличение рабочей полости тормозного цилиндра за счет хомута на поршне ($a_1 < a$; $\bar{b}_1 > \bar{b}$):

a – при чугунных колодках; \bar{b} – при композиционных колодках

Рессорное подвешивание вагона оказывает влияние на конструкцию сопряжения тормозных башмаков с траверсой или триангелем.

Тормозная колодка пассажирского вагона связана с подрессоренной частью тележки и при движении колеблется относительно колеса, поэтому она закрепляется на башмаке, допускающем поворот относительно траверсы.

Характеристика ТРП вагонов на дорогах Западной Европы. На западноевропейских железных дорогах тормозную рычажную передачу принято характеризовать геометрическим передаточным числом n , диапазоном рычажной передачи w_p , коэффициентом усиления w_y и КПД η_M . Усилие по штоку – $P_{шт}$, а суммарная сила нажатия тормозных колодок от одного тормозного цилиндра – $\sum K$.

Работа тормозной передачи связана с потерями на внешнее трение в шарнирных соединениях рычагов и тяг, с преодолением сопротивления пружинных элементов, а также упругим гистерезисом всей рычажной передачи. Поэтому можно записать:

$$\sum K = P_{шт} m \eta_M . \quad (7.9)$$

Диапазон рычажной передачи

$$w_p = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

подсчитывается при схемах передачи, имеющей механический переключатель передаточного числа. Обычно величина w_p составляет от 2 до 3. Переключение производится в зависимости от загрузки вагона.

Коэффициент усиления рычажной передачи

$$w_y = \frac{\sum K}{P_{шт}} = m \eta_M \quad (7.10)$$

показывает, во сколько раз суммарная сила нажатия тормозных колодок больше усилия по штоку тормозного цилиндра.

Из уравнения (7.9) можно определить КПД рычажной передачи:

$$\eta_M = \frac{\sum K}{P_{шт} i} . \quad (7.11)$$

При движении транспортного средства КПД больше, чем на стоянке. В частности, западноевропейские расчеты предусматривают, что при движении

чаще всего $\sum K = 9/8 \sum K_d$. Значение КПД зависит от окружающей среды. Например, при низких температурах КПД рычажной передачи в значительной степени уменьшается.

Документами, которые регламентируют работу тормозов подвижного состава железных дорог в Западной Европе, установлена расчетная величина КПД рычажной передачи. Памятка Р544-8 рекомендует при расчетах использовать величину $\eta_m = 0,92$ для четырехосных вагонов с двухсторонним нажатием на колеса и $\eta_m = 0,94$ – для двухосных вагонов. КПД тормозного цилиндра определено как $\eta_{ц} = 0,98$. Этими же документами установлена рабочая величина хода поршня для колодочных тормозов при чугунных колодках 125 мм, минимальная – 75 мм, а максимальная – 135 мм.

Тормозная рычажная передача грузовых вагонов. В настоящее время на грузовых вагонах Белорусской железной дороги применяется одностороннее нажатие тормозных колодок на колесо (рисунок 7.13).

Нормальный отход колодок от поверхности катания колес без применения авторегулятора выхода штока зависит от углов наклона элементов рычажной передачи. Угол α – угол наклона колодки – принят 10° ; угол β между линией наклона и линией, соединяющей центр башмака и точку крепления подвески, – рациональная величина 90° ; угол γ характеризует условия отвода колодок от поверхности катания колес.

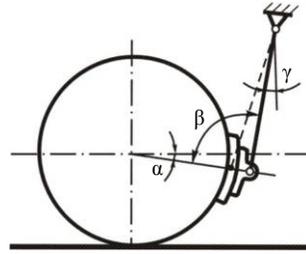


Рисунок 7.13 – Схема одностороннего нажатия колодки на колесо

Такая конструкция дает возможность упростить рычажную передачу, однако способствует ускоренному износу тормозных колодок по сравнению с двухсторонним нажатием. Применение композиционных колодок, обладающих высокой износостойкостью, в значительной мере компенсирует этот недостаток. В то же время одностороннее нажатие не позволяет значительно увеличить тормозную эффективность. В результате грузовые вагоны с односторонним нажатием обеспечивают длину тормозного пути значительно большую, чем вагоны с двухсторонним нажатием колодок на колеса. Это связано с прочностью и износостойкостью колодок, в частности, для получения такой же тормозной эффективности при одностороннем нажатии, как и при двухстороннем, требуется нажатие в 2,2–2,5 раза большее. Допустимое давление на чугунную колодку – 130 Н/см^2 , а композиционную – 90 Н/см^2 . При большем давлении

происходит ненормальный быстрый износ колодок и повреждение поверхности катания колеса. Поэтому увеличить эффективность тормозов грузовых вагонов с большой осевой нагрузкой при одностороннем нажатии без значительных изменений тормозной системы и применении колодок с повышенным коэффициентом трения не представляется возможным.

В состав рычажной передачи грузового вагона (рисунок 7.14) входят следующие элементы: горизонтальные рычаги 11 – один, связанный со штоком 7 тормозного цилиндра и с тягой 6 через авторегулятор 12 в передней части рычажной передачи, и второй, шарнирно закрепленный к кронштейну «мертвой» точки на задней крышке тормозного цилиндра и связанный с тягой, ведущей к тормозным колодкам второй тележки. Горизонтальные рычаги 11 шарнирно соединены между собой затяжкой 10. От места расположения затяжки относительно тормозного цилиндра (плечи *a* и *b*) зависит передаточное число ТРП, поскольку этим определяется длина ведущего и ведомого плеч горизонтальных рычагов. Устанавливая затяжку 10 на нижние отверстия 9 горизонтальных рычагов, получаем передаточное число ТРП, рассчитанное для чугунных колодок, а при установке затяжки на верхние отверстия 8 передаточное число окажется меньше в расчете на композиционные колодки.

В состав одной из тяг, к которым прикреплены горизонтальные рычаги, входит автоматический регулятор 12 выхода штока, соединенный с вертикальным рычагом 14 на одной из тележек вагона.

К вертикальным рычагам 4 и 14, имеющим плечи *b* и *z*, прикреплены триангели с тормозными башмаками и колодками. Нижние концы вертикальных рычагов шарнирно соединяются при помощи затяжек (распорок) 20.

Большое внимание уделяется предохранению деталей рычажной передачи от падения. В частности, тормозные колодки 2 с башмаками 3 и 16 шарнирно закреплены на раме тележки подвесками 15, имеющими шарнирное соединение 1. Распорка 20 шарнирно соединена с нижними концами вертикальных рычагов 4 и 14, причем она имеет по концам несколько отверстий, что обеспечивает возможность регулирования расстояния между колодками 2 и колесами по мере износа колодок. Кроме того, распорка рассчитана на колеса разного диаметра. От падения в случае нарушения шарнирного соединения ее предохраняют скобы 19, закрепленные на швеллерных балках триангелей.

Вертикальные рычаги 4 и 14, сдвоенные в верхней части, закрепляются серьгами 5, имеющими различную длину в зависимости от наклона сдвоенных рычагов, соединенных валиками 13 и распоркой 18 балки триангеля 22 со стрункой 21.

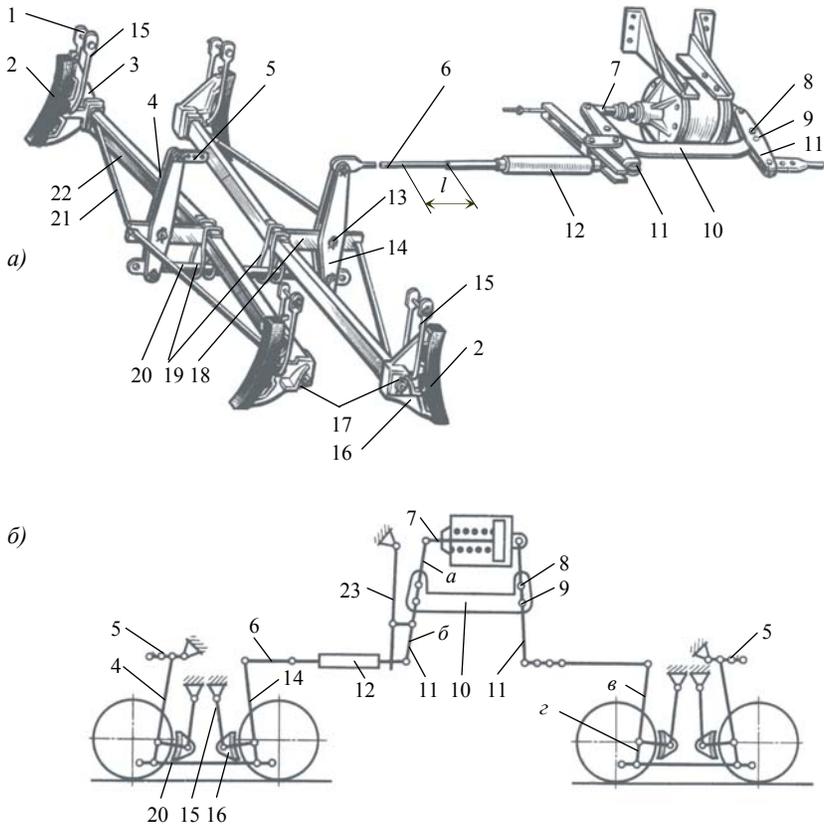


Рисунок 7.14 – Рычажная передача четырехосного вагона:
a – конструкция рычажной передачи тележки и тормозного цилиндра;
б – схема рычажной передачи четырехосного грузового вагона

Рычаг 23 привода авторегулятора 12 прикреплен к раме вагона.

Башмаки 3 и 16 жестко насажены на наконечники триангелей. Такое соединение возможно на тележках, на которых подвески закреплены на неподрессоренных частях рамы тележки. От падения в случае обрыва триангели предохраняются постановкой угольников 17.

Горизонтальные и вертикальные рычаги, работающие на изгиб, выполнены двойными, благодаря чему увеличивается их изгибная прочность. Кроме того, в промежутках между щеками рычагов размещены головки што-

ка, тяг и распорок триангелей. Между щеками вертикальных рычагов сварены соединительные планки.

Конструкция триангеля, поскольку нагрузка приложена посередине, для усиления снабжена стрункой 21. Между стрункой и балкой 22 установлена распорка 18, шарнирно связанная с вертикальными рычагами 4 и 14. Серьгами 5 крайние в схеме вертикальные рычаги обеих тележек соединены с надрессорными балками тележек.

Все шарнирные соединения в рычажной передаче выполнены с помощью валиков, шайб и шплинтов. Вертикальные валики устанавливаются шляпкой вверх, чтобы предотвратить их выпадение в случае утери шплинта. Валики в горизонтальных соединениях устанавливаются так, чтобы шплинты находились на одной стороне вагона. Кроме того, горизонтальные валики 4 (рисунок 7.15) закреплены шплинтами 2, которые поставлены в приваренные к щекам 1 вертикальных рычагов планки 3.

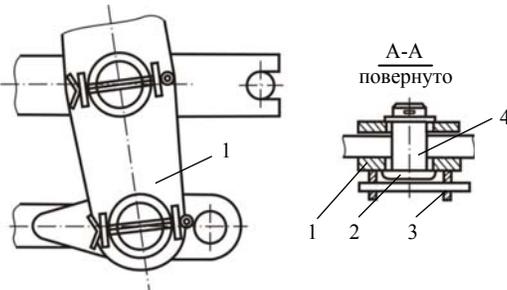


Рисунок 7.15 – Установка предохранительного шплинта валика вертикального рычага

Конструкция узла крепления башмака и тормозной колодки такова, что центр их тяжести не совпадает с точкой подвеса, это приводит к отклонению колодок от колеса в опущенном состоянии, касанию верхним концом колодки поверхности катания колеса и ненормальному износу колодки при длительном движении без торможения. Интенсивно изнашивается её

верхняя часть, особенно при малых расстояниях между колодкой и колесом.

На большинстве грузовых вагонов для устранения этого недостатка устанавливаются специальные скобы – устройства для отвода колодок от колес. Скоба 3 устанавливается на распорке 4 триангеля 1 (рисунок 7.16), затем ее ветви стягиваются и фиксируются замком 2 в виде эллиптического кольца, выполненного из стального прутка диаметром 16 мм.

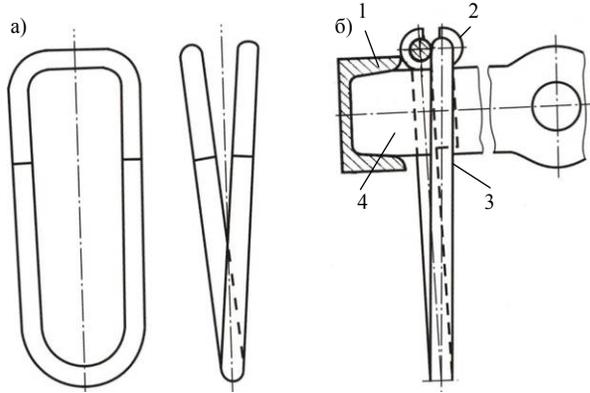
Скоба охватывает затяжку вертикальных рычагов (см. рисунок 7.14) и удерживает триангель от поворота. Приваривать замок 2 категорически запрещается, поскольку при износе колодок скоба 3 перемещается на распорке 4.

Тормозная рычажная передача проектируется таким образом, чтобы в соединениях не было «мертвых» точек, чтобы ее схема была статически определена. В случае соединения поршня со штоком сферической парой в процессе работы тормозного цилиндра происходит некоторый поворот што-

ка, а в случае жесткого соединения возникает поперечная сила, приводящая к повышенному износу манжеты поршня и деталей, находящихся в горловине крышки.

Рисунок 7.16 – Отводящее устройство ВНИИЖТа (конструкция ПКБ ЦВ МПС):

a – скоба; *б* – установка отводящей скобы с замком на распорке триангеля



Рычажная передача 6-осных грузовых вагонов. В настоящее время 6-осные вагоны используются главным образом для обслуживания предприятий горнодобывающей промышленности. Характерной особенностью тормозной системы шестиосного думпкара является двухстороннее нажатие тормозных колодок на колеса в средней части трехосной тележки и одно-стороннее – на крайних осях (рисунок 7.17). Длина плеч рычагов (в мм) указана на схеме.

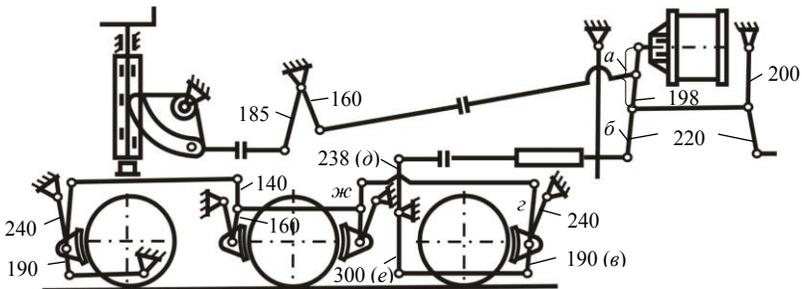


Рисунок 7.17 – Схема рычажной передачи одной стороны тележки 6-осного вагона-думпкара

Передаточное число тормозной рычажной передачи 6-осного вагона в этом случае

$$n = 4n_k + 4n_c, \quad (7.12)$$

где n_k – передаточное число до пары колодок крайней оси;

n_c – то же средней оси.

Например, для тормозной системы шестисосных думпкаров, изображенной на рисунке 7.17,

$$n = 4 \frac{a \cdot \partial}{b \cdot e} \cdot \frac{(\partial + z)}{z} \cos \alpha + 4 \frac{a}{b} \cdot \frac{\partial}{e} \cdot \frac{v}{z} \cdot \frac{жс}{z} \cos \alpha. \quad (7.13)$$

Несколько измененная схема ТРП шестисосного думпкара 2ВС-105 с повышенной осевой нагрузкой 25,9 т и тормозным цилиндром диаметром 400 мм без автоматического регулятора выхода штока показана на рисунке 7.18).

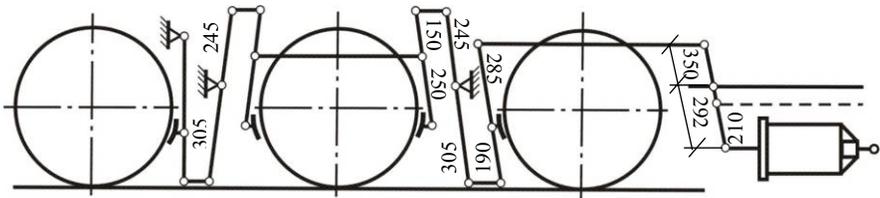


Рисунок 7.18 – Схема рычажной передачи думпкара 2ВС-105

При чугунных колодках на тележках УВЗ-11А передаточное число n рычажной передачи составляет 12,08, а при композиционных – 7,04.

Параметры тормозной системы:

– нажатие колодок на крайние оси тележки

$$K_k = \frac{P_{ш} n_k}{2} \eta_m, \quad (7.14)$$

– нажатие колодок на средние оси тележки

$$K_c = \frac{P_{ш} n_c}{2} \eta_m, \quad (7.15)$$

где $P_{ш}$ – усилие по штоку тормозного цилиндра;

η_m – коэффициент полезного действия рычажной передачи.

Сложная схема передачи усилия от тормозного цилиндра и большое передаточное число снижают КПД рычажной передачи до $\eta_M = 0,76$.

На грузовых вагонах применяют триангели с глухой посадкой башмака на цапфу (рисунок 7.19), что объясняется конструкцией тележки ЦНИИ-ХЗ, имеющей неподдрессоренные боковые рамы, у которых отсутствует вертикальное перемещение триангеля с колодками относительно рам и колесных пар.

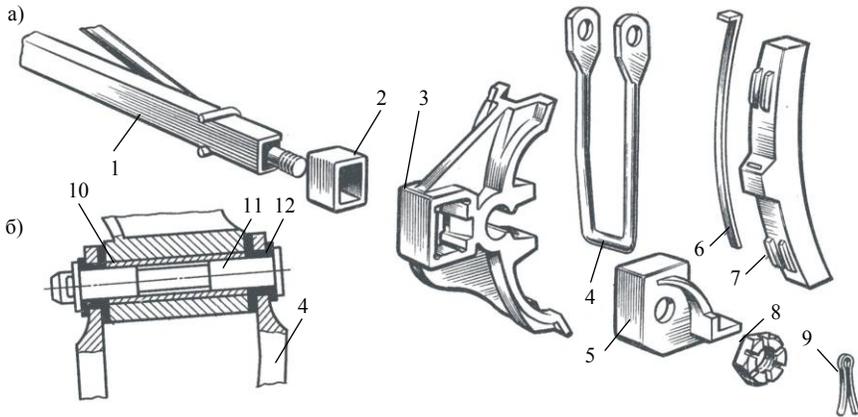


Рисунок 7.19 – Детали триангеля с глухой посадкой башмака (ГОСТ 4686-74) тележки грузового вагона:

а – узел посадки башмака; *б* – подвеска в сборе

На балку триангеля 1, изготовленного из прокатного профиля, жестко насаживается закладка 2, в свою очередь служащая посадочным местом для башмака 3. После установки предохранительного наконечника 5 конструкция зажимается корончатой гайкой 8, которая закрепляется шплинтом 9. Для предохранения триангеля от падения используется подвеска 4, закрепляемая на боковинах тележки. Конструкция подвески показана на рисунке 7.16, *б*. В отверстия прилива к боковине тележки вставляется втулка 10, а в отверстия подвески 4 – резиновые втулки 12. Подвеска монтируется с помощью валика 11, фиксируемого шайбой и шплинтом. Резиновые втулки являются демпфером, гасящим высокочастотные колебания и повышающим усталостную прочность подвески.

На проушине прямой ветви подвески ставится клеймо завода-изготовителя. В случае ремонта подвески дефектоскопируются, клеймо ремонтного пункта и дата ставятся на проушине изогнутой ветви.

Тормозная колодка 7 закрепляется в башмаке 3 с помощью чеки 6.

У **пассажирских вагонов** применяется двухстороннее нажатие тормозных колодок на колесо. Схема тормозной рычажной передачи пассажирского вагона представлена на рисунке 7.20.

Аналогичные схемы применяются на вагонах рефрижераторных поездов, прицепных и головных вагонах электропоездов, а также на некоторых других единицах подвижного состава. Они различаются, главным образом, по длине ведущих и ведомых плеч рычагов. Вместо триангелей и обводной рамки при двухстороннем нажатии тормозных колодок в настоящее время применяются траверсы 8, обеспечивающие подвод усилия к колодкам от тормозного цилиндра через балансиры 4 и промежуточные тяги 5, расположенные у боковин тележки.

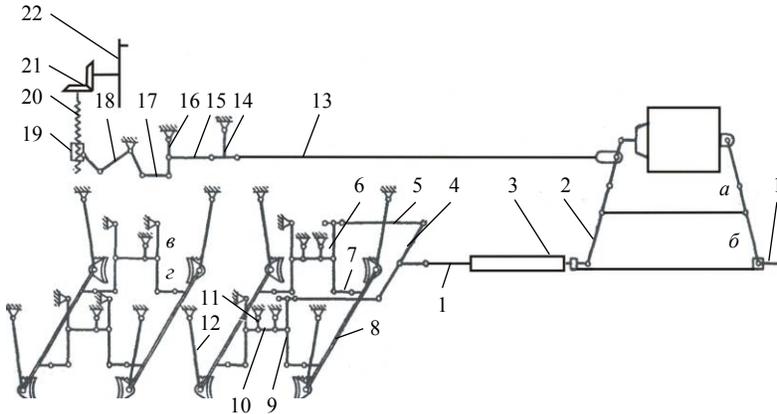


Рисунок 7.20 – Схема тормозной рычажной передачи пассажирского вагона

Усилие от тормозного цилиндра через горизонтальные рычаги 2 передается на главные тяги 1 и авторегулятор 3 со стержневым приводом. От балансиров 4 усилие распределяется на горизонтальные тяги 5 к рычагам 6 ближних к цилиндру колесных пар. Нижние концы рычагов через серьги 7 соединены с траверсами 8, на которых одинарными подвесками 12 закреплены поворотные башмаки с тормозными колодками, прижимаемыми через рычаги 9 и затяжки 10 на подвесках 11.

Передаточное число рычажной передачи, где все рычаги работают как рычаги первого рода,

$$n = m \frac{a}{b} \cdot \frac{b}{z} \cos \alpha, \quad (7.16)$$

где m – число пар колодок (число траверс);

$a, в$ – ведущие и $б, з$ – ведомые плечи рычагов.

На каждом пассажирском вагоне имеется ручной тормоз с приводом в один из тамбуров. Привод состоит из тяги 13, соединенной с горизонтальным рычагом 2, усилие на который передается от штурвала 22 через коническую зубчатую передачу 21, винт 20, гайку 19 с самотормозящейся резьбой и кривой рычаг 18. Далее через подосную тягу 17, рычаг 16 усилие передается на тягу 15, связанную с помощью рычага 14 с тягой 13. В головке этой тяги, соединенной с горизонтальным рычагом 2, имеется прорезь, позволяющая рычагу перемещаться при пневматическом торможении.

На рисунке 7.21 показана конструкция рычажной передачи пассажирского вагона с одним тормозным цилиндром.

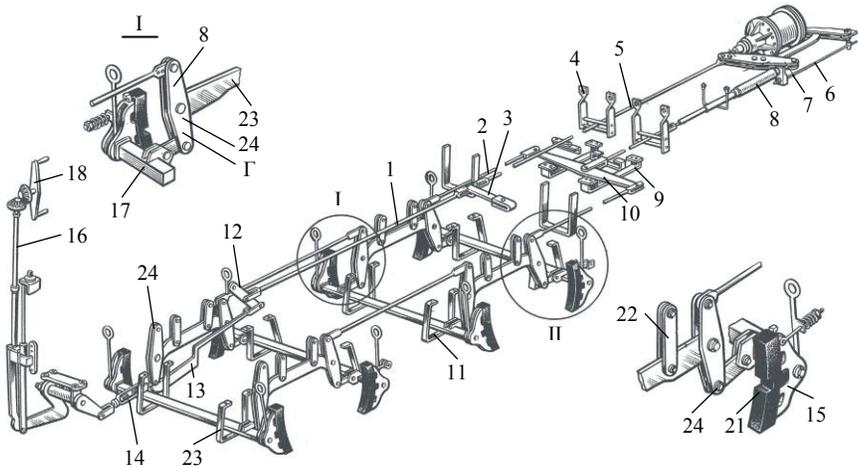


Рисунок 7.21 – Конструкция тормозной рычажной передачи пассажирского вагона: 1 – горизонтальная тяга; 2 – тяга автоматическая тормоза; 3 – рычаг ручного тормоза; 4 – предохранительная скоба тяги; 5 – тяга ручного тормоза; 6 – тяга стержневого привода авторегулятора; 7 – горизонтальный рычаг; 8 – авторегулятор; 9 – предохранительная скоба; 10 – промежуточный рычаг; 11 – предохранительная скоба траверсы; 12 – рычаг; 13 – подосная тяга ручного тормоза; 14 – стяжная муфта; 15 – башмак тормозной колодки; 16 – винт ручного тормоза; 17 – траверса; 18 – рукоятка привода ручного тормоза; 19 – пружинный фиксатор колодки; 20 – одинарная подвеска; 21 – тормозная колодка; 22 – подвеска; 23 – затяжка вертикальных рычагов; 24 – вертикальный рычаг

Конструкция узла крепления тормозной колодки к траверсе пассажирского вагона показана на рисунке 7.22. Усилие от рычажной передачи передается на траверсу 1 через парные уши, приваренные на расстоянии 1180 мм друг от друга.

Подвеска башмака изготовлена в виде стержня с двумя отверстиями по концам, одним отверстием она навешивается на цапфу, а другим – на раму тележки.

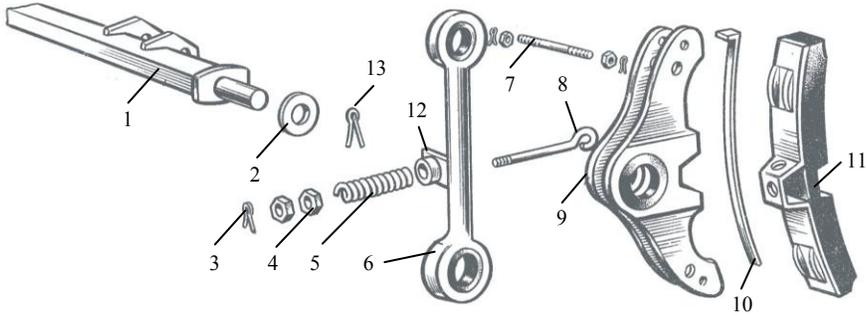


Рисунок 7.22 – Детали траверсы (балки) на тележке пассажирского вагона

Предварительно нижняя головка подвески вставляется в башмак 9. На цапфе подвеска с башмаком фиксируется шайбой 2 и шплинтом 3. Поскольку траверса имеет цилиндрическую цапфу, позволяющую башмаку поворачиваться при изменении прогиба рессорного подвешивания, то в отпущенном состоянии тормоза, когда колодки не прижаты к колесам, для предотвращения поворота башмака на траверсе осуществляется его фиксация относительно подвески 6 специальным фиксатором. Фиксатор состоит из поводка 8, поджатого пружиной 5 и проходящего через приваренную к подвеске скобу 12. Усилие пружины может регулироваться гайками 4. Поводок 8 закрепляется на пальце 7, вставленном в отверстие в верхней части башмака 9. При завинчивании гаек 4 пружина 5 сжимается, ее усилие возрастает, что приводит к повороту башмака и приближению к бандажу колеса нижней части колодки 11, закрепленной на башмаке чекой 10.

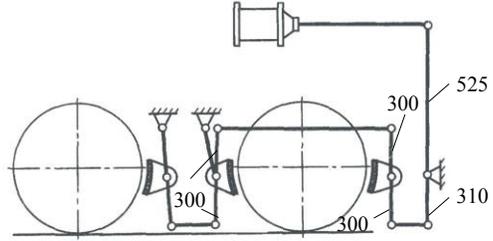
В настоящее время все большее распространение получают многоцилиндровые схемы ТРП пассажирских вагонов. Особенно это касается высокоскоростного подвижного состава, оборудованного колодочными или дисковыми тормозами.

Тормозные рычажные передачи локомотивов. Электровозы и тепловозы первых версий имели по одной тормозной колодке на колесо. Современные локомотивы выпускаются с несколькими тормозными цилиндрами и двухсторонним нажатием колодок на колеса, благодаря чему обеспечивается большая тормозная сила и улучшаются условия работы буксовых узлов и рамы тележки.

С односторонним нажатием были электровозы серий ВЛ19, ВЛ22, ВЛ23, ВЛ61, ВЛ8 и тепловозы ТЭ1, ТЭ2, ТЭ3, ТЭ7, ТЭ10, 2ТЭ10Л, ТЭП10, М62, ТЭМ1, ТЭМ2, ТГ102, ТГМ3, ЧМЭ3 (рисунок 7.23).

Применение на локомотивах многоцилиндровых тормозных систем объясняется, главным образом, стесненностью подкузовного пространства. Кроме того, многоцилиндровые системы имеют больший КПД и требуют тормозные цилиндры меньшего диаметра при меньшем передаточном числе.

Рисунок 7.23 – Схема тормозной рычажной передачи одной стороны тележки тепловоза ЧМЭЗ



Например, передаточное число рычажной передачи электровозов ВЛ22^м и ВЛ23 с одним тормозным цилиндром диаметром 10" составляет 7,05, а у электровозов ВЛ80 и ВЛ10 при многоцилиндровой системе с цилиндрами диаметром 10" – 5,76 (рисунок 7.24, а, б).

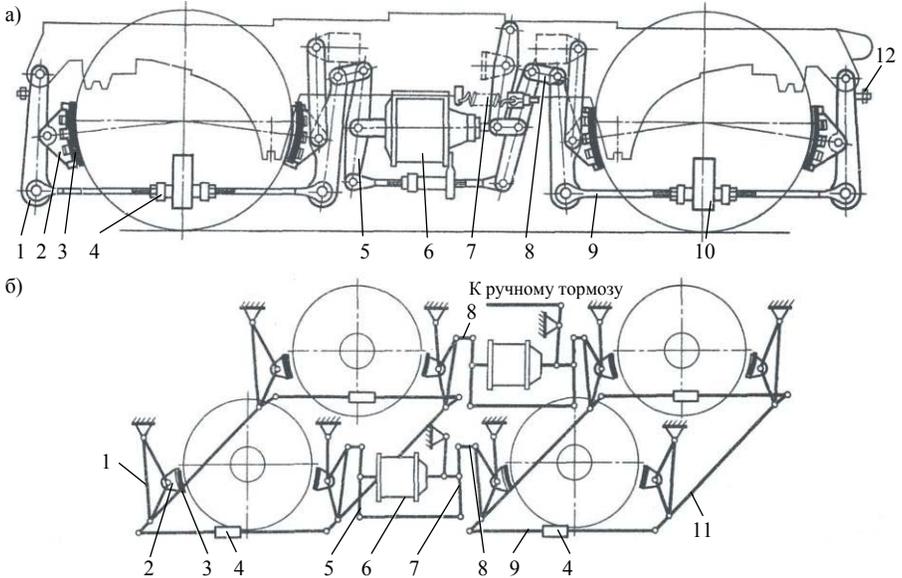


Рисунок 7.24 – Тормозная рычажная передача электровозов ВЛ80 и ВЛ10:

а – вид ТРП; б – схема ТРП на тележке;

- 1 – рычаг подвески; 2 – башмак; 3 – тормозная колодка; 4 – регулировочная муфта; 5 – главный балансир; 6 – тормозной цилиндр 10"; 7 – отпускная пружина; 8 – соединительная серга; 9 – тяга; 10 – предохранительная скоба; 11 – тормозная балка

Электровозы серии ЧС2 и ЧС4 имеют рычажную передачу, состоящую на каждой трехосной тележке из трех независимых систем, приводимых в действие от трех тормозных цилиндров диаметром 12" у электровоза ЧС2 и 10" – у ЧС4. Передаточное число у ЧС2 – 6,29, а у ЧС – 6,52 (рисунок 7.25).

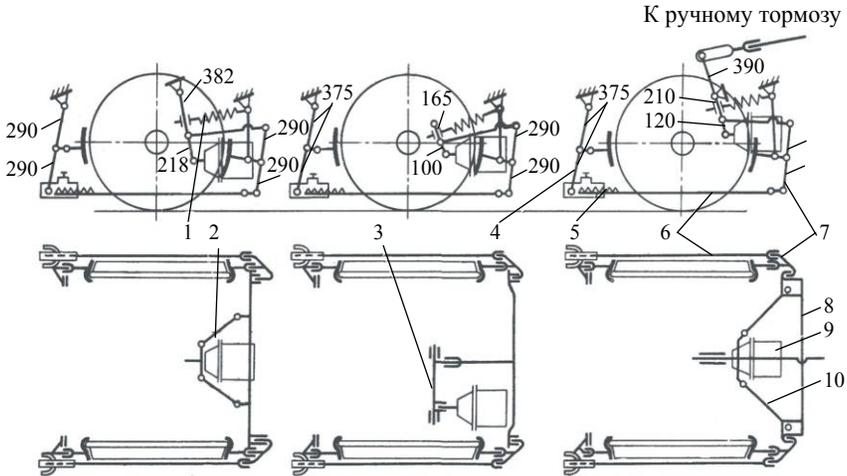


Рисунок 7.25 – Схема рычажной передачи тележки электровозов ЧС2 и ЧС4:

1 – оттормаживающая пружина; 2, 10 – траверсы; 8 – рычаг; 4 – рычаг-подвеска; 5 – реечный регулятор с защелкой; 6 – тяга с рейкой для регулирования рычажной передачи; 7 – наклонный рычаг; 8 – балка тормозная; 9 – тормозной цилиндр

Тепловозы ТЭЗ имеют одностороннее нажатие колодок на колеса трехосной тележки. Привод рычажной передачи от тормозного цилиндра диаметром 10" на три колеса по одной стороне тележки с передаточным числом $n = 10,77$ при осевой нагрузке до 210 кН и $n = 15,1$ – при нагрузке более 210 кН.

Передаточное число зависит от количества тормозных колодок, действующих от одного цилиндра, и осевой нагрузки транспортного средства. Оно определяется принятым коэффициентом сцепления колеса и рельса.

При двустороннем нажатии и действии тормозного цилиндра на одно колесо (2ТЭ116) передаточное число рычажной передачи от каждого из шести тормозных цилиндров диаметром 8" трехосной тележки составляет 3,6 (рисунок 7.26).

В последние годы выпускаются новые локомотивы заводами России и Украины. Однако их тормозные системы практически не изменяются. В то же время развиваются конструкции тормозных систем грузовых вагонов.

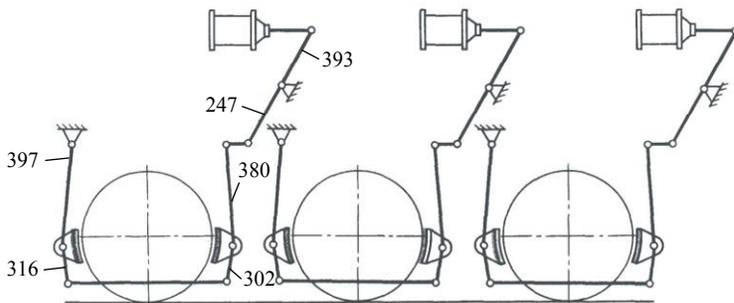


Рисунок 7.26 – Схема тормозной рычажной передачи одной стороны тележки тепловоза 2ТЭ116

В частности, для четырехосных вагонов разработана тормозная система с потележечным торможением (рисунок 7.27). В её состав входят: два авторегулятора РТП-300 с уменьшенным до 300 мм выходом винта, два тормозных цилиндра № 710 диаметром 10" (254 мм) и два авторежима № 265А-4 с увеличенным ходом демпфера, поскольку предусмотрено увеличение осевой нагрузки до 25 т, и тележка с билинейным рессорным подвешиванием, имеющим увеличенный прогиб.

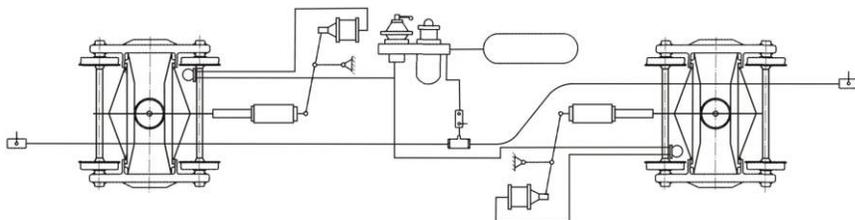


Рисунок 7.27 – Тормозная система новых вагонов с потележечным торможением

7.3 Регулирование рычажных передач

По мере износа тормозных колодок и накладок увеличиваются зазоры между ними и поверхностями трения. Наиболее быстро изнашиваются чугунные тормозные колодки. Композиционные материалы имеют гораздо больший срок службы. В любом случае зазор между фрикционным элементом и поверхностью трения, с которой он взаимодействует, через определенный промежуток времени увеличивается, что приводит к возрастанию

хода поршня, имеющего ограниченную длину. В частности, увеличение зазора между колодкой и колесом на величину Δl_0 ведет к возрастанию выхода штока на величину $\Delta l_{\text{ш}} = \Delta l_0 i$. Фактически увеличение будет еще больше из-за деформаций рычажной передачи и выбора зазоров в шарнирных соединениях при действии тормоза.

В заторможенном состоянии горизонтальные рычаги ТРП должны быть перпендикулярны штоку тормозного цилиндра и тягам. Вертикальные рычаги должны иметь одинаковый наклон, а угол между подвеской тормозного башмака и направлением колеса, проходящим через центр нижнего шарнира подвески, – угол подвешивания $\beta \approx 90^\circ$. Значение угла β для новой колодки, как правило, меньше 90° , а для изношенной – значительно больше.

Для того чтобы обеспечить надежное прижатие колодки или накладки к поверхности контртела, необходимо сокращать расстояние между ними по мере износа в результате трения.

На тягах тормозных рычажных передач имеются дополнительные отверстия, перестановкой валиков в которых вручную удастся сокращать передачу, уменьшая длину тяг и приближая колодку к фрикционной поверхности колеса. Ручное регулирование можно производить на большинстве рычажных передач и пассажирских вагонов. Обычно ручная регулировка ТРП производится путем перестановки валиков в резервные отверстия или с помощью стяжных муфт (на локомотивах).

Автоматические или полуавтоматические устройства, которые позволяют поддерживать постоянную величину выхода штока тормозного цилиндра и зазоры между тормозной колодкой и фрикционной поверхностью колеса, называются регуляторами тормозных рычажных передач.

В описываемых конструкциях регуляторов выхода штока использованы свойства несамотормозящейся резьбы (рисунок 7.28). Если растягивающая сила действует через корпус 1 и упорный подшипник 2 на гайку 3 несамотормозящейся резьбы на винте 4, то длина регулятора будет увеличиваться, пока движение не прекратится в результате упора тормозных колодок в поверхность катания или пока гайка заблокируется упором 5. Если колодки будут сильно изношены и ТРП разрегулирована, то при торможении выход авторегулятора будет ограничен гайкой 3, и колодки останутся неприжатыми.

На грузовом и пассажирском подвижном составе наибольшее распространение получили авторегуляторы одностороннего действия, которые работают на сокращение длины рычажной передачи и уменьшение зазора между колодкой и колесом по мере износа колодки.

Регуляторы одностороннего действия осуществляют автоматическое стягивание рычажной передачи по мере износа тормозных колодок. Роспуск передачи при замене тормозных колодок производится вручную вращением корпуса против часовой стрелки до отказа. При этом происходит увеличение зазора между колодкой и колесом и хода поршня. После постановки новых колодок зазор l_0 между колодкой и колесом должен быть 5–8 мм.

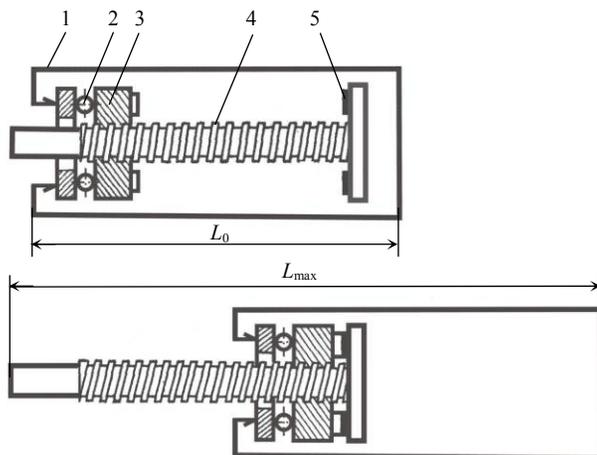


Рисунок 7.28 – Схема действия автоматического регулятора ТРП:
 L_0 – минимальная длина регулятора; L_{max} – максимальная длина регулятора
 при изношенных колодках

В настоящее время применяются авторегуляторы № 574Б, РТП 675М, № 706 и РТП-300 с механическим приводом, имеющие одинаковую конструкцию и отличающиеся величиной рабочего хода винта. Эти авторегуляторы поддерживают установленную величину зазора между колодками и колесами в заданных пределах. При необходимости уменьшить или увеличить зазор следует вручную при помощи газового ключа вращать корпус регулятора. Если вращение осуществляется легко без ключа, то это свидетельствует об изломе пружины 6 (рисунок 7.29). Сила трения между торцами регулирующей гайки 4 и полого стержня 10 в этом случае будет невелика, так как их раздвигает пружина 14. При торможении по мере износа тормозных колодок за одно торможение происходит автоматическое стягивание рычажной передачи на величину до 10 мм с приближением колодок к колесам.

Регулятор № 574Б изображен на рисунке 7.29 и представляет собой винтовую тягу 9 с несамотормозящейся трехзаходной трапецидальной резь-

бой и систему, управляющую перемещением по тяге вспомогательной 3 и регулирующей 5 гаек. С горизонтальным рычагом ТРП шарнирно связано ушко 11, закрепленное на полом стержне 10. Таким образом, удлинение или сокращение тяги рычажной передачи происходит при относительном перемещении винтовой тяги 9 и полого стержня 10 в зависимости от вращения и перемещения по тяге гаек 3 и 5. Пружина 15 управляет движением вспомогательной гайки 3 и имеет усилие предварительного сжатия 300 Н (30 кгс), а пружина 14 – движением регулирующей гайки 5. Усилие предварительного сжатия этой пружины – 800 Н (80 кгс). Пружина 6 имеет усилие 1600 Н (160 кгс) и в свободном состоянии авторегулятора прижимает втулку 13 к конической части полого тягового стержня 10, торец которого давит на гайку 5. С противоположной стороны защитная труба 1 жестко упирается в головку 2 и гайку 3, не допуская ее перемещения влево. В результате происходит фрикционное соединение гаек 3 и 5, что препятствует их вращению и сокращению или удлинению авторегулятора, то есть превращает его в жесткую тягу.

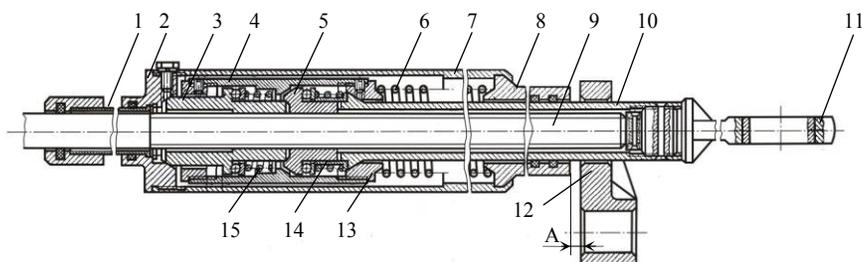


Рисунок 7.29 – Регулятор тормозной рычажной передачи № 574Б

При торможении горизонтальные рычаги у тормозного цилиндра поворачиваются и ушко 11 вместе с тяговым стержнем 10 движется вправо. В этом направлении перемещается и упор 12. Однако его перемещение будет меньше (см. рисунок 7.28) и зазор А будет уменьшаться. Если выход штока тормозного цилиндра меньше нормы, то упор 12 не доходит до крышки 8 корпуса 7 регулятора, зазор А уменьшается, но контакта упора и корпуса не происходит, поэтому регулятор действует как жесткая тяга, пока тормозные колодки не износятся или не будет произведено увеличение зазоров между колодкой и колесом вращением корпуса 7 регулятора вручную.

При нормальном выходе штока зазор А выбирается полностью и упор 12 касается крышки 8. Усилие от штока тормозного цилиндра передается на ушко 11, далее на стержень 9, который, перемещаясь вправо, втулкой 13 сжимает пружину 6, увлекая за собой тяговый стакан 4. Конусная поверхность стакана

смыкается с такой же поверхностью гайки 5. Регулятор при этом работает как жесткая тяга, поскольку гайки 5 и 3 перемещаются вместе с тяговым стержнем 10, увлекая за собой винтовую тягу 9 и продольную тягу рычажной передачи. В результате тормозные колодки прижимаются к колесам.

При отпуске тормоза происходит восстановление зазора А, усилие сжатия пружины 6 уменьшается, когда оно становится менее 1000–1250 Н (100–125 кгс), происходит размыкание контакта трения между гайкой 5 и стаканом 4. Одновременно восстанавливается зазор между колодками и колесами.

Если этот зазор при торможении оказывается больше нормы и выход штока превышает нормативное значение, то зазор А выбирается раньше, чем колодки прижмутся к поверхности колеса, стакан 4 смещается относительно корпуса 7 вправо, втулкой 13 сжимая пружину 6. Гайка 13 отходит от контакта с задней крышкой 1 на величину, пропорциональную выходу штока, и имеет возможность навинчиваться под действием пружины 15 на тяговый винт 14, продвигаясь до упора в головку 1 и далее. Навинчивание происходит до упора бурта гайки 3 в головку 2. Таким образом, длина авторегулятора укорачивается на величину зазора между буртом и крышкой, то есть на 8–12 мм.

Автоматическая регулировка ТРП осуществлялась с помощью регуляторов кулисного № 276 и бескулисного № 536М типа (рисунок 7.30). Регуляторы № 276 ранее применялись на пассажирских вагонах, регуляторы № 536М с рычажным приводом – на грузовых вагонах, а со стержневым – на пассажирских.

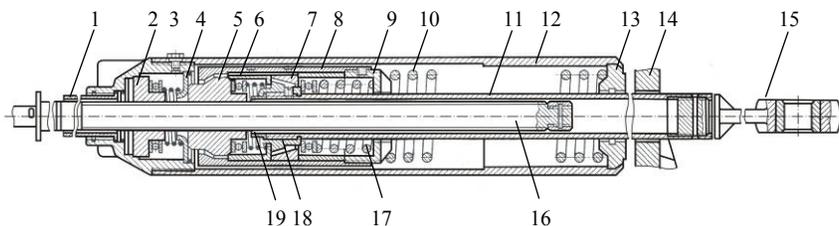


Рисунок 7.30 – Авторегулятор № 536М:

1 – защитная труба регулирующего винта; 2 – вспомогательная гайка; 3 – головка; 4 – упорная шайба; 5 – регулирующая гайка; 6 – опорная втулка; 7 – коническая втулка; 8 – тяговый стакан; 9 – гильза; 10 – возвратная пружина ($F = 2000$ Н); 11 – полый тяговый стержень; 12 – корпус; 13 – крышка корпуса; 14 – упор привода; 15 – ушко тягового стержня; 16 – регулирующий винт; 17 – пружина ($F = 3000$ Н); 18 – фрикционный наконечник; 19 – направляющая втулка

Эти регуляторы работают как жесткая тяга при нормальном ходе поршня. Если ход поршня меньше, то автоматически происходит роспуск передачи, а при большем ходе поршня – стягивание.

Рычажный привод авторегулятора обеспечивает сокращение потерь эффективности по сравнению со стержневым приводом, однако уменьшает быстродействие по стягиванию ТРП, особенно при увеличенных зазорах между колодками и колесами. Эти параметры зависят от величины расстояния (см. рисунок 7.10) между шарнирами затяжки на горизонтальном рычаге. При одинаковой конструкции рычажной передачи расстояние b больше при композиционных колодках, и потери эффективности, зависящие от усилия возвращающей пружины, будут меньше.

Авторегулятор № 536М по месту установки взаимозаменяем с авторегулятором № 574Б и РТРП 675М, диаметр которого 100 мм, что на 10 мм больше, чем регулятора № 574Б.

Полуавтоматический регулятор РВЗ. Устанавливается на тележках моторных вагонов электропоездов ЭР2 и ЭР9 различных серий на месте кронштейна мертвой точки. Схема ТРП моторного вагона показана на рисунке 7.2, б. Регуляторы 4 устанавливаются по одному к каждому тормозному цилиндру 3. При повышении давления в тормозном цилиндре до 0,15–0,2 МПа (1,5–2,0 кгс/см²) и выходе штока 60 мм и более воздух поступает в регулятор перед манжетой 12 (рисунок 7.31), перемещая поршень 2 вниз (по рисунку) до упора хвостовиком в стакан 7. При этом пружина 8 сжимается до отказа. Собачка 10, поджатая пружиной 9, при перемещении вниз вместе с поршнем 2 проскакивает на два зуба храпового колеса 5, не поворачивая его.

При отпуске тормоза, когда давление в ТЦ и выше поршня 2 уменьшается, пружина 8 возвращает поршень 2 в исходное положение, одновременно собачка 10 поворачивает храповое колесо и связанный с ним шпиндель 15 по часовой стрелке. Гайка навинчивается на резьбу тяги 14. Таким образом, уменьшается выход штока тормозного цилиндра, поскольку колодки приближаются к бандажам. Выход штока за один цикл действия регулятора уменьшается на 2,5 мм, так как собачка 10, поджатая пружиной 9, проскакивает на два зуба.

Регулятор смонтирован в стальном корпусе 1. К крышке корпуса через отверстие ТЦ подводится воздух из тормозного цилиндра. На хвостовике поршневого устройства на оси закреплена подпружиненная собачка 10 в кожухе 11, взаимодействующая с храповым колесом 5 стопорного механизма. Вторая собачка 4 с пружиной препятствует повороту храпового колеса в обратном направлении. Из зацепления с храповым колесом 5 она может быть выведена нажатием кнопки 3, что производится при смене тормозных колодок вагона, когда выключают механизм стопорения шпинделя 14 и производят роспуск ТРП, вращая вручную стакан 16 с рукоятками против часовой стрелки.

Регулятор соединяется с тяговой ТРП винтовой тягой и защищен от загрязнения резиновым чехлом 13.

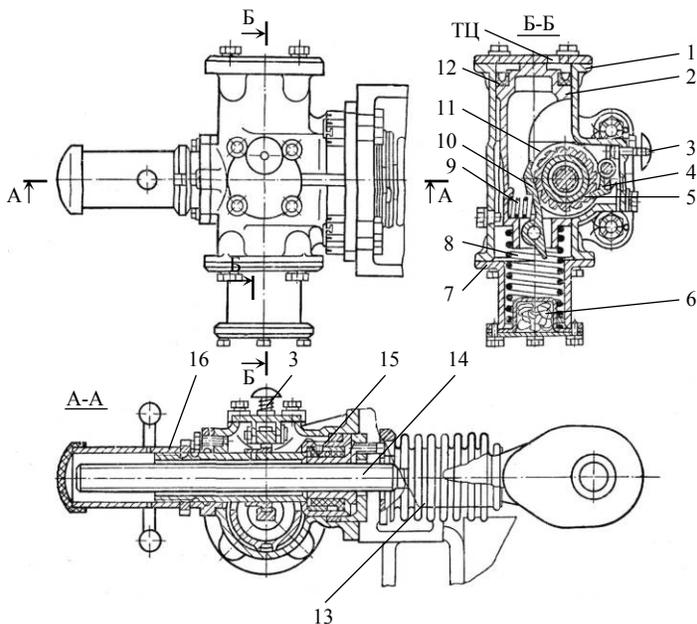


Рисунок 7.31 – Регулятор пневмомеханического действия конструкции PV3

Для защиты попадания пыли в рабочее пространство при обратном ходе поршня 2 установлен фильтр 6.

Регулятор PV3 – одностороннего действия и стягивает рычажную передачу при износе тормозных колодок.

7.4 Регулирование рычажных передач западноевропейских вагонов и локомотивов

Автоматические регуляторы выхода штока (зазоров между тормозными колодками и колесами) используются на вагонах как части ТРП, уменьшающие чрезмерно большие и увеличивающие малые расстояния между тормозными колодками и поверхностями трения колес и тем самым сохраняющие в допустимых пределах выход штока тормозного цилиндра. Регулятор компенсирует износ колодок, однако не компенсирует деформации рычажной передачи.

Сохранение выхода штока обеспечивает постоянную величину времени наполнения тормозных цилиндров и отпуска тормоза.

На железных дорогах Западной Европы применяются различные типы регуляторов выхода штока, в которых использовано свойство несамотормозящейся резьбы. Наибольшее распространение получили автоматические регуляторы типов DA и DRV шведской фирмы SAB.

Регулятор типа DA имеет более простую конструкцию, однако в ТРП должно быть встроено управляющее устройство, что усложняет работу и уменьшает надежность регулятора.

На железных дорогах Чехии и Словакии на двухосных грузовых вагонах применяют регуляторы типа SZ-6, рассчитанные на передачу в ТРП усилия 60 кН. Этот регулятор применяется с длиной регулируемой части 400 или 600 мм. Для 4-осных грузовых, пассажирских и скоростных вагонов применяется регулятор типа SZ-10, который передает максимальную силу 100 кН, а для тяжелых грузовых вагонов – авторегулятор SZ-12, предназначенный для передачи усилия 120 кН.

До 1979 г. в тяжелых скоростных вагонах чехословацких железных дорог применялись шведские регуляторы типа SAB DA4-450, DRV-3S-450, DRV-3A-450. В настоящее время авторегуляторы SAB в новых вагонах Чехии и Словакии заменяют на укороченные регуляторы, которые должны устанавливаться на тележке, а регуляторы DRV-3A-450 остались для некоторых пассажирских вагонов.

На рисунке 7.32 представлена схема **регулятора выхода штока типа DA**. Принцип действия этого регулятора аналогичен работе регулятора № 276, который ранее устанавливался на пассажирских вагонах постройки СССР.

Механизм регулятора содержит кулису 1 с фасонным отверстием, через которое пропущен валик 2. Противоположный конец кулисы шарнирно связан с рамой вагона. В нижнем конце валика 2 насажен перекидной рычаг 3, выполненный в виде кулачкового механизма, ведущая ветвь которого опирается на роликовый болт 4 с хвостовиком, закрепленным в кулисе 1 с помощью зажимной гайки. Расстояние A от оси роликового болта до края кулисы пропорционально выходу штока тормозного цилиндра. Для перекидного рычага 3 роликовый болт 4 является точкой опоры во время работы механизма, который, будучи насажен на штоке поршня, благодаря перекидному рычагу 3 соединен жесткой тягой (поводком) 5 с кривошипом исполнительного механизма, встроенного в тягу рычажной передачи. Устройство исполнительного механизма обеспечивает поворот кривошипа при перемещении поводка 5 вместе с перекидным рычагом 3. Таким образом, действие регулятора основано на превращении возвратно-поступательного движения поршня тормозного цилиндра во вращательное движение кривошипа, размещенного на головке 8 исполнительного устройства.

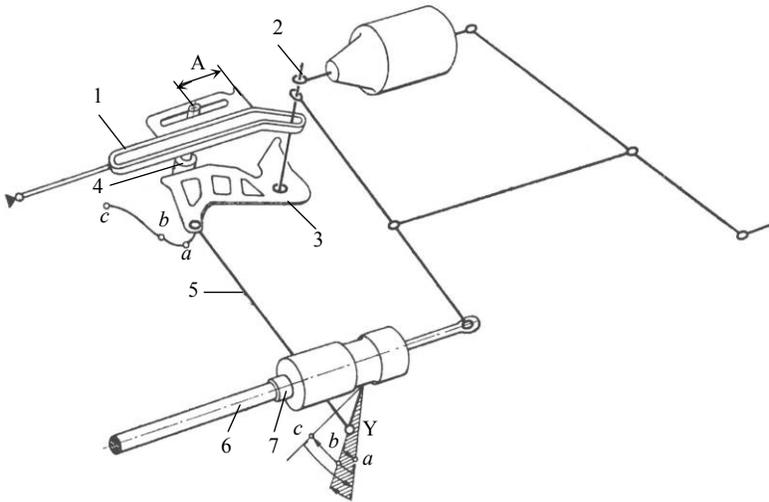


Рисунок 7.32 – Автоматический регулятор выхода штока SAB DA

Регулятор увеличивает ход поршня тормозного цилиндра до нормы за одно торможение, а уменьшает – за несколько торможений. При отпуске тормоза регулятор укорачивается за счет перемещения тяги 6 при повороте кривошипа и заворачивания по трапецидальной резьбе гайки 7. В его действии можно отметить три характерных случая, когда ход поршня L равен A , меньше A и больше A . В первом случае колодки будут прижаты к бандажам, когда шток поршня имеет выход, равный A . Кривошип будет заблокирован и, хотя в исполнительном устройстве появится растягивающее усилие, оно будет работать как обыкновенная тяга.

Если колодки будут прижаты к бандажам и растягивающее усилие появится прежде чем шток преодолеет расстояние A , это вызовет сжатие пружины 5 (см. рисунок 7.32) и отход нажимного кольца 4 от соединительного диска 3. Гайка 2 на винте 1 может свободно вращаться благодаря упорному подшипнику и приводить к удлинению тяги. Кривошип 6 находится в области угла ab (заштрихованная часть на рисунке 7.32).

Третий случай, когда выход штока окажется больше величины A из-за большого расстояния между колодками и бандажом. Ввиду появления зазора между диском сцепления 3 (рисунок 7.33) и нажимным кольцом 4 кривошип регулятора будет разблокирован и повернется в направлении c (см. рисунок 7.32). При отпуске тормоза и выпуске сжатого воздуха из тормозного цилиндра кривошип будет возвращаться по часовой стрелке в начальное по-

ложение. Когда колодки выйдут из контакта с колесами, и сила, действующая на пружину 5 (см. рисунок 7.33), исчезнет, а кривошип, вращаясь по часовой стрелке, вызовет оборот диска сцепления 3 и гайки 2 на винте 1 и, как следствие, укорачивание тяги и приближение колодок к поверхности трения. При каждом отпуске тормоза происходит укорачивание тяги максимум на 3,5 мм и уменьшение выхода штока в соответствии с размерами плеч горизонтального рычага. Если выход штока больше, чем задано размером A (см. рисунок 7.32), то получение требуемой величины наступает после нескольких торможений. Чересчур малый выход штока регулируется полностью за одно включение тормозов.

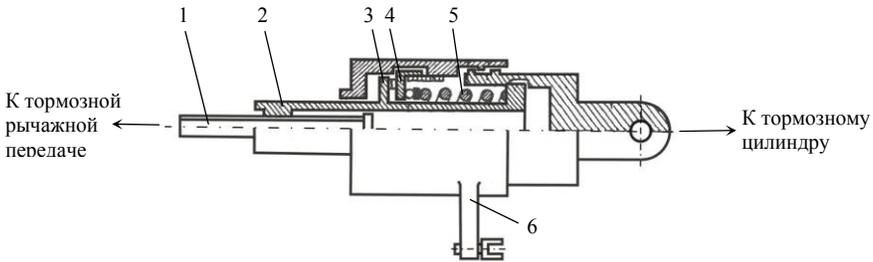


Рисунок 7.33 – Головка авторегулятора SAB DA

Автоматический регулятор фирмы SAB типа DRVA. По принципу действия и по конструкции он подобен бескулисному регулятору № 536М. Характерно, что на вагонах США и Западной Европы, где широко распространены регуляторы DRV различных модификаций, в основном применяется стержневой привод регуляторов, который значительно уменьшает силу нажатия тормозных колодок, особенно при малых ступенях торможения. Однако, учитывая, что применяются, главным образом, чугунные колодки, эффект от снижения силы нажатия большого значения не имеет.

Регулятор DRV (рисунок 7.34) состоит из устанавливающего устройства (корпус регулятора) 1 и приводного устройства 2 с шарниром 3. Расстояние A устанавливают таким образом, чтобы при касании тормозных колодок с бандажами корпус регулятора 1 соприкасался с упором 4.

Перемещение упора 4 стержневого привода относительно устанавливающего устройства 1 равно сумме перемещений концов горизонтальных рычагов. Расстояние A зависит от среднего перемещения тормозных колодок и передаточного числа ТПП между колодками и корпусом регулятора.

Авторегулятор двухстороннего действия с механическим приводом показан на рисунке 7.35.

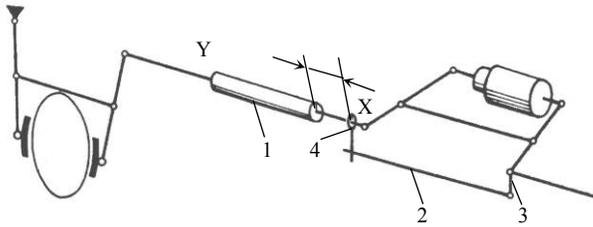


Рисунок 7.34 – Схема установки авторегулятора DRV в рычажной передаче

Основными конструктивными элементами регулятора являются: регулирующая гайка 6, винт регулирующий с несамотормозящей четырехзаходной резьбой 1, гайка вспомогательная 4 с диском сцепным 2, пружина сцепная 3 и втулка 5 – ансамбль этих элементов, связанных с тягой тормозной рычажной передачи, образует ведомый узел регулятора (сцепление X); тяговый стержень 12, втулка 7 и втулка 8, взаимодействующая со сцепным диском 9 (сцепление Y), – связаны с горизонтальным рычагом и штоком поршня тормозного цилиндра и образуют ведущий узел; сцепная пружина 15, а также пружина роспуска 14 и возвратная пружина 11 связывают между собой ведомый и ведущий узлы. Вся конструкция регулятора находится в корпусе 10.

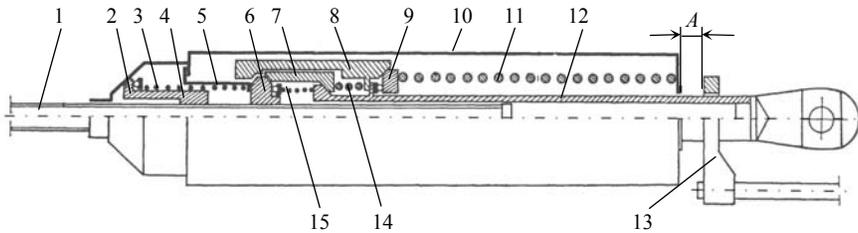


Рисунок 7.35 – Конструкция авторегулятора SAB типа DRV двухстороннего действия

Для увеличения силы сцепления конусных поверхностей деталей регулятора на них делается специальная насечка. Длина регулируемой тяги определяет положение гайки 6 на винте 1. Когда ход штока превышает норму, гайка 6 вращается по часовой стрелке (глядя со стороны ТЦ) и укорачивает тягу. В случае, если выход штока меньше нормы, гайка 6, вращаясь против часовой стрелки, удлиняет тягу ТРП. Вспомогательная гайка 4 устанавливает положение регулирующей гайки 6 на винте 1 в соответствии с разницей между заданным расстоянием и фактическим $A_{гз}$ (рисунок 7.36). Если дви-

жение одной из этих гаек 6 и 4 будет заблокировано, то другая может вращаться по резьбе винта 1, что достигается соответствующим включением сцепления.

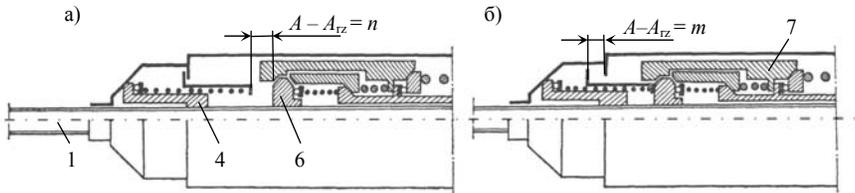


Рисунок 7.36 – Схема действия авторегулятора SAB DRV

В случае, если расстояние между колодками и поверхностью трения колеса чрезмерно большое и выход штока больше нормы, то по исчерпанию расстояния A сжимающая сила вызовет изменение положения элементов регулятора. После прижатия колодок к колесам произойдет дальнейшее изменение состояния регулятора. Повышение давления в ТЦ и увеличение силы, действующей в регуляторе, вызовет следующие изменения и перемещения в нем:

- выключение сцепного диска 2 вспомогательной гайки 4;
- под действием силы сжатой пружины 3 вспомогательная гайка 4 будет вращаться по часовой стрелке и переместится влево на расстояние $l = A - A_{tz} = n$, где A – заданное и A_{tz} – фактическое перемещения упора привода 13.

При отпуске тормоза и уменьшающейся силе, передаваемой от ТЦ, в регуляторе наступит ослабление сцепления регулирующей гайки 6 с коническими поверхностями втулок 7 и 8. Гайка 6 под действием нажимной силы от пружины 11, вращаясь по часовой стрелке, перемещается влево до упора во втулку 5 вспомогательной гайки 4 (сцепление X).

На рисунке 7.36 представлено устройство сцепных муфт и гаек после выделения расстояния $A - A_{tz}$ вспомогательной гайкой 4 (см. рисунок 7.36, а) и перед преодолением этого расстояния регулирующей гайкой 6 (см. рисунок 7.36, б).

В случае, когда ход поршня ТЦ меньше заданного расстоянием A , и тормозные колодки будут прижаты к поверхности катания колес, в регуляторе появится растягивающее усилие. Для получения необходимого удлинения тяги произойдет изменение положения деталей регулятора (см. рисунок 7.35):

- при определенной величине возрастающей силы будет выключено из работы сцепление Z (тяговый стержень 12, втулки 7 и 8 и сцепной диск 9);
- под действием пружины 15 корпус 10 вместе с гайкой вспомогательной 4 при включенном сцеплении X получает вращение с перемещением вправо до момента, когда корпус 10 упрется в упор привода 13;
- пружина 3 сцепления X будет сжата, и между корпусом 10 и втулкой 5 получается зазор, равный $A - A_{tz} = l_1 = m$;
- во время следующего включения тормоза растущее давление в ТЦ вызывает силу, выключающую сцепление регулирующей гайки 6 с коническими поверхностями втулок 7 и 8;
- под действием силы предварительно сжатой пружины 3 регулирующая гайка 6 вращается против часовой стрелки и перемещается вправо;
- с момента касания корпуса 10 и втулки 1 вращение регулирующей гайки 6 прекращается.

Автоматический регулятор Стопекс типа КМ (рисунок 7.37). В отличие от других типов бескулисных регуляторов его корпус не вращается.

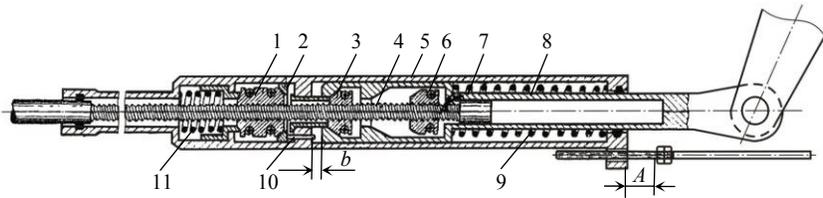


Рисунок 7.37 – Регулятор Стопекс типа КМ в начальный момент торможения – касание колодок

Регулирующий механизм заключен в трубчатый корпус 5, в котором может передвигаться винтовая тяга 4, имеющая несамотормозящую резьбу, на которой расположены разрезные гайки – регулирующая 3, вспомогательная 1 и предохранительная 6. Гайки закреплены и удерживаются на винтовой тяге пружинами браслетного типа. Хвостовик 7 винтовой тяги 4 размещен в полости тягового стержня.

В трубчатом корпусе 5 расположены буферная пружина 11 и возвратная пружина 9, расположенная между стенкой корпуса и тяговым стержнем 8. Буферная пружина 11 упирается в стенку корпуса и в стакан, через который она воздействует на вспомогательную гайку 1 и кольцо 2 и прижимает их к упорному стерженьку 10. Усилие буферной пружины 11 стерженьком 10 передается на левый торец тягового стержня 8, нагруженного справа усилием возвратной пружины 9. Тяговый стержень 8 имеет фасонную конструкцию, в расточках внутри него размещаются регулирующая 3 и предохра-

тельная 6 гайки. Правый конец тягового стержня 8 шарнирно соединяется с горизонтальным рычагом рычажной передачи.

При нормальном зазоре между колодками и поверхностями катания колес упор с регулировочными гайками подойдет к торцу корпуса 5 регулятора и будет перемещать его влево, сжимая пружину 11 и образуя зазор b . Перемещаясь далее вправо, горизонтальный рычаг увлекает тяговый стержень 8 с гайкой 3 и превращает их в жесткое соединение с винтом 4 до конца торможения. Вспомогательная гайка 1, вращаясь, пропускает винт 4, и между втулкой и регулирующей гайкой 3 со стержнем 4 образуется зазор, величина которого зависит от износа колодок и деформации ТРП.

При отпуске тормоза шарнир горизонтального рычага перемещается влево вместе со стержнем 8. Вспомогательная гайка 1 зажата и, не вращаясь, вместе с винтом 4 перемещается влево до упора в буферный стакан, после чего гайка 1 будет вращаться, перемещаясь по винту 4, пока не прекратится усилие нажатия от тормозного цилиндра. После этого гайка 3 при нормальных зазорах займет исходное положение на винте 4 или переместится в сторону вспомогательной гайки 1 на расстояние, соответствующую износу колодок. Гайка 3, также вращаясь, перемещается по винту 4 влево на ту же величину, и зазор между колесами и колодками станет соответствовать расстоянию A .

Автоматические регуляторы электровозов ЧС2 и ЧС4. Шестиосные электровозы ЧС2 и ЧС4 оснащены бескулисными регуляторами хода штока тормозного цилиндра. Регуляторы размещаются в тормозной рычажной передаче, смонтированной для каждого колеса трехосной тележки электровоза. Таким образом, на тележке расположены шесть регуляторов.

На рисунке 7.38 показана схема рычажной передачи электровоза ЧС2.

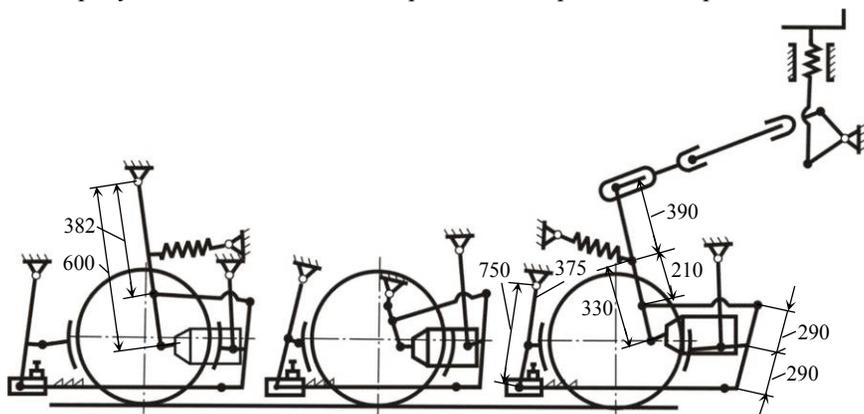


Рисунок 7.38 – Схема тормозной рычажной передачи ЧС2

Он оснащен реечными регуляторами, которые просты по устройству, но имеют тот недостаток, что стягивание рычажной передачи происходит только после того, как ход поршня увеличится в результате износа на 48 мм.

Регулятор (рисунок 7.39), применяемый на электровозе ЧС4, обслуживает такую же тормозную передачу, как на электровозе ЧС2. Корпус 1 регулятора располагается на тяге снаружи колеса. Один конец винта 2 соединен с вертикальным рычагом рычажной передачи, идущим от тормозного цилиндра, а второй входит в защитную трубу 12, расположенную в корпусе 1 и соединенную с другим вертикальным рычагом. На резьбовую часть винта надета разрезная гайка 4, составленная из четырех сегментов, стянутых пружиной 3 браслетного типа и пружинным кольцом 10. Верхняя часть гайки 4 показана при торможении, а нижняя – в положении отпуска.

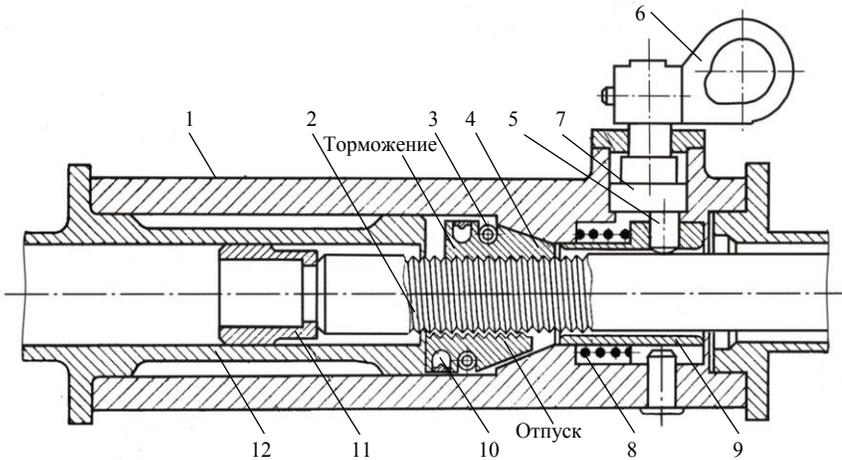


Рисунок 7.39 – Регулятор электровоза ЧС4

При торможении четыре сегмента гайки 4 конусной частью прижимаются к конусу корпуса 1, гайка стопорится на винте 2 и перемещается вместе с винтом, тягой и направляющей втулкой 11. При отпуске тормоза гайка выходит из контакта с конусом и резьбовой частью винта, браслетная пружина 3 разжимается и винт 2 перемещается (по чертежу влево), сокращая длину тяги в зависимости от износа колодок. Ход штока тормозного цилиндра будет в пределах нормы.

При смене изношенных тормозных колодок необходимо повернуть рукоятку 6 переключателя, в результате происходит поворот валика 7 и перемещение втулки 9 эксцентриковым шипом 5, сжатие пружины 8 и перемеще-

ние гайки 4 из зацепления с конусной частью корпуса 1. Длину тяги увеличивают вручную.

После смены колодок производят торможение и отпуск, обеспечивающие регулировку выхода штока.

7.5 Тормозные блоки колодочных и дисковых тормозов

Малогобаритные тормозные блоки для колодочных тормозов применяются на высокоскоростном подвижном составе. Блок типа «Каволис», производства Чехии, рассчитан на обслуживание одной тормозной колодки и собран в тормозном цилиндре диаметром 170 мм, где размещается силовая часть (рисунок 7.40).

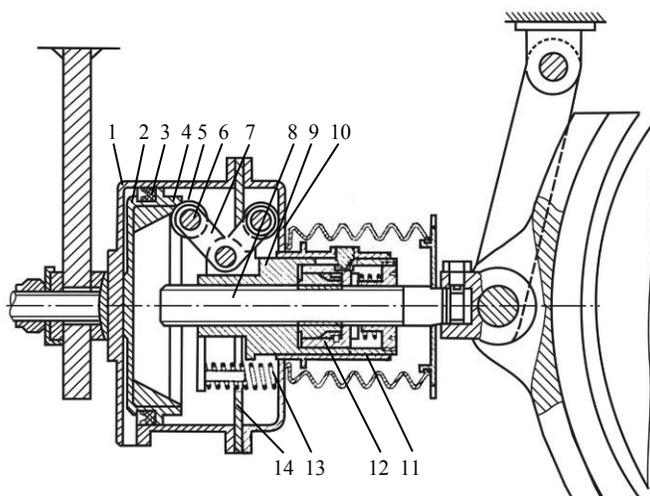


Рисунок 7.40 – Колодочный тормозной блок

Винтовой шток 8 шарнирно соединяется с тормозным башмаком, однако не имеет непосредственного соединения с поршнем 2, который уплотнен манжетой 3 и расположен в корпусе 1. Внутри поршня размещен вкладыш 4 с конической внутренней поверхностью. Имеются поршни, у которых коническая поверхность выполнена заодно с поршнем. Вкладыш имеет коническую расточку на 60° меньшим диаметром к торцевой стенке поршня. На расточенную поверхность опираются ролики 5, вращающиеся на пальцах 6. Пальцы установлены на трех угловых двуплечих рычагах, расположенных по окружности под углом 120° . Угол каждого из рычагов составляет 90° . Ры-

чаги могут поворачиваться на шарнирных соединениях с осями. На других плечах рычагов 7, между диском 14 и крышкой 10 цилиндра, также расположены ролики, вращающиеся на пальцах. Рычаги обеспечивают передачу усилия от поршневого кольца 2 и вкладыша 4 к полуму стержню 9.

В расточке цилиндра 10, который может свободно перемещаться по винтовому штоку 8, расположена гайка 12 с несамотормозящейся резьбой. При перемещении поршня 2 вправо пальцы 7 через полый стержень 9 зажимают гайку 12, не допуская ее вращения. Шток 8 перемещается вправо вместе со стержнем 9 и тормозная колодка прижимается к колесу.

При отпуске тормоза, когда давление на поршень 2 снижается, винтовой шток 8 вместе с тормозной колодкой отходит от колеса под действием пружин 13, которые отодвигают полый стержень 9 влево. После перемещения полого стержня на 7 мм нажатие на гайку 12 уменьшается, и далее ее перемещение влево происходит с вращением по несамотормозящейся резьбе штока 8, а шток вместе с тормозной колодкой остается на месте.

Регулятор обеспечивает постоянный зазор между бандажом и колодкой, который устанавливается 7 мм, что достигается усилием прижатия гайки 12 полым стержнем 9. Зазор между колодкой и колесом поддерживается в эксплуатации постоянным при максимальном ходе 13 мм штока 8.

Тормозной блок для дискового тормоза применяется на скоростных пассажирских вагонах, выпускаемых в Германии. Блок обслуживает две накладки дискового тормоза, размещенные на одном диске. На оси колесной пары может быть смонтировано до четырех блоков. Тормозная система скоростного вагона с дисковым тормозом оснащена регулятором, поддерживающим вращение тормозящей колесной пары с некоторым замедлением относительно скорости движения экипажа. Благодаря этому производится очистка поверхности катания колеса и повышается уровень сцепления колес с рельсами.

На рисунке 7.41 показан тормозной цилиндр, монтируемый на пассажирских вагонах, работающих на Белорусской железной дороге. Тормозные цилиндры UB8X16 или UB8N16 относятся к типовому ряду цилиндров со встроенным регулировочным механизмом для установки нормального зазора между тормозным диском и фрикционной накладкой. Тормозной цилиндр UB8N16 дополнительно оборудован рычагом ручного стояночного тормоза.

В цилиндрической крышке 8 смонтирован регулятор выхода штока однократного действия, содержащий винт 10, не имеющий непосредственной связи с поршнем 14, уплотненным резиновой манжетой 13. Поршень перемещается под давлением сжатого воздуха, поступающего в отверстие А. С поршнем жестко связана трубчатая штанга 9, перемещение которой вызывает вращение гайки 6 и фасонной контргайки 3, что, в свою очередь, приводит

к перемещению винта 10, соединенного с рычажной передачей дискового тормоза посредством штока 1 и шестигранника возврата 2.

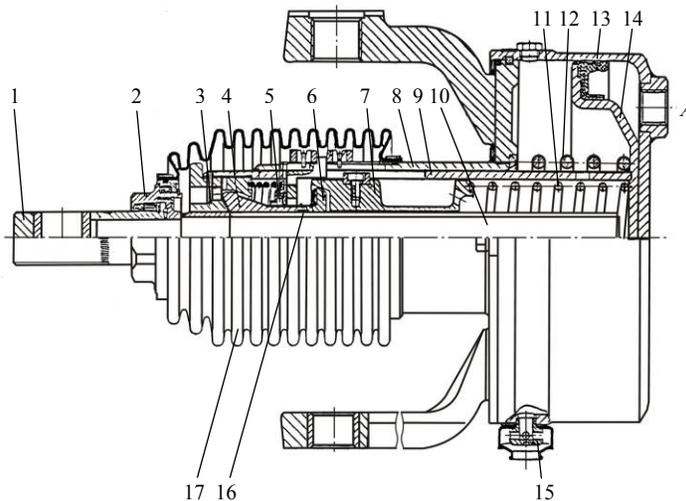


Рисунок 7.41 – Тормозной цилиндр UB8X16

При нормальных зазорах между накладками и диском гайка 6, втулка сцепки 7 и контргайка 3 не вращаются и передают движение от поршня 14 и трубчатой штанги 9 на винт 10. Если зазор больше нормы, происходит перемещение контргайки 3 с вращением по винту 10, что приводит к увеличению зазора между контргайкой и гайкой 6. Затем при отпуске и обратном ходе штока с винтом зазор выбирается под действием пружин 4 и 11, ограничивая перемещение винта и оставляя необходимое расстояние между тормозными накладками и диском. Вращение гайки 6 в игольчатом подшипнике 16 происходит при перемещении винта 10, а контргайка 3 вращается в шариковом подшипнике 5. Поршень 14 возвращается в исходное положение под действием пружины 12. Винт 15 с отверстием служит для удаления конденсата. Резиновый сальфон (резиновый чехол) 17 предохраняет устройство от попадания загрязнений.

Тормозные цилиндры, разработанные ОАО «Транспневматика», с автоматическим регулированием величины хода штока в пределах, обеспечивающих постоянную величину зазоров между трущимися элементами тормозных устройств, применяются на скоростных пассажирских вагонах и локомотивах России.

Цилиндры устанавливаются в тормозной рычажной передаче многоцилиндровой системы. Диаметр рабочей поверхности цилиндра 203 мм. В зависимости от установки в дисковом или колодочном тормозе и схемы рычажной передачи выбирается цилиндр с рабочим ходом поршня 12 или 100 мм. Цилиндры рассчитаны на рабочее давление 0,4 или 0,6 МПа. Соответственно усилие на винте (штоке) поршня составляет 12,0 или 18,0 кН. Тормозные цилиндры (рисунок 7.42) состоят из двух частей: собственно цилиндра и встроенного в него регулятора одностороннего действия. В цилиндре 18 расположен поршень 1 с манжетой. С поршнем взаимодействует через пружину 2 полый стержень 17, который удерживается от вращения фиксатором 3.

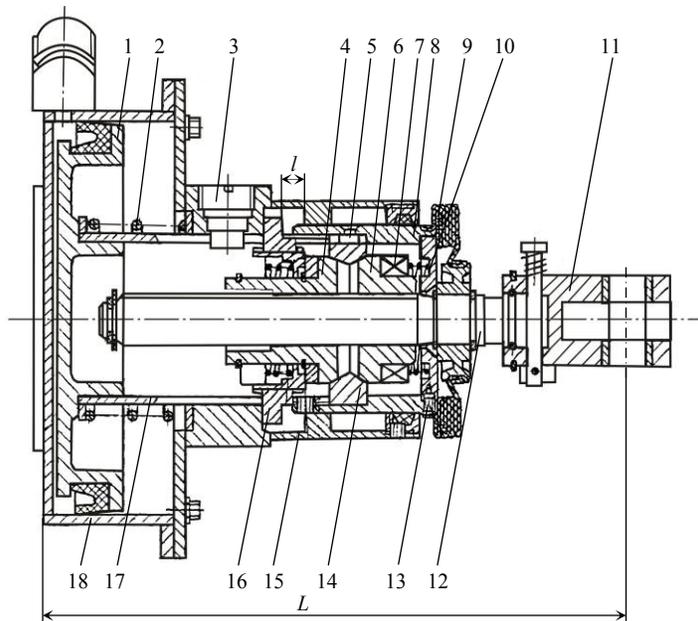


Рисунок 7.42 – Тормозной цилиндр со встроенным регулятором

Регулятор выхода штока имеет винт 12 с несамотормозящей резьбой, на которую навинчены две гайки – 6 и 4, разделенные ограничителем 14, жестко соединенным с муфтой 8. От поворота в момент торможения его удерживает штифт-фиксатор 5. Гайка 4 также зафиксирована от поворота и под действием пружины 10 через подшипник 7 поджата к упору 16 таким образом, что кулачки упора входят в пазы кольца 14. Сухари упора 16, входящие в пазы полого стержня 17, совершают в момент торможения возвратно-

поступательное движение. Винт 12 удерживается в исходном положении пружиной 2 через полый стержень 17, ограничитель 13, гайку 4 и упор 16.

При нормальных зазорах между накладками и тормозным диском регулятор работает как жесткий стержень.

При износе накладок зазоры увеличиваются, и поршень 1 с полым стержнем 17 перемещают в комплекте ограничитель 13, винт 12 и связанные с ним гайки 6 и 4, а также упор 16.

При перемещении на расстояние l до соприкосновения упора 16 с упорами на крышке 15 движение винта прекращается, и при дальнейшем перемещении поршня происходит наворачивание гайки 4 на винт 12, поскольку резьба несамотормозящаяся. При этом происходит перемещение винта 12 до прижатия тормозных колодок или накладок к поверхности катания колеса или фрикционной поверхности диска. Между гайкой 4 и ограничителем 14 образуется зазор, равный величине износа фрикционных элементов.

При отпуске полый стержень 17 и поршень 1 под действием пружины 2 возвращаются в исходное положение. Одновременно перемещаются винт 12 со всеми элементами, связанными с ним.

Под действием пружины 10 гайка 6 навертывается на винт 12 до соприкосновения с ограничителем 14.

Полный цикл «торможение – отпуск» заканчивается. При этом гайки 4 и 6 наворачиваются на винт 12, компенсируя величину износа фрикционных элементов, сохраняя первоначальный зазор между ними. Сильфон 9 предохраняет от загрязнения и повреждения винт 12 и детали регулятора. Винт 12 связан с фрикционными элементами (колодка или накладки) через вилку 11.

Размер L зависит от конструкции тормозного цилиндра и для каких фрикционных элементов он предназначен. Минимальный размер L для дискового тормоза равен 340 мм, для колодочного – 602 мм.

7.6 Воздухопровод и арматура

Воздухопроводная тормозная магистраль грузовых и пассажирских вагонов в странах СНГ собрана из стальных бесшовных труб внутренним диаметром 32 мм [ранее $1\frac{1}{4}$ " (34,3 мм)]. В ее состав входят собственно магистральная труба, концевые краны и гибкие соединительные межвагонные рукава с головками. Магистральная труба имеет тройник № 573 или 573П (см. подразд. 2.6) для подсоединения к воздухораспределителю с возможностью его выключения разобщительным краном № 372. Соединительный трубопровод между магистралью и воздухораспределителем может выполняться из резино-металлического рукава 335. Разобщительный кран № 372 [аналог – кран 1-20-2 (см. рисунок 7.44) или кран 4300] устанавливается непосредственно у тройника № 573, благодаря чему уменьшаются динамические воздействия на соединительный трубопровод при движении вагона.

Диаметр воздухопровода имеет важное значение в процессе срабатывания тормозов. В то же время увеличение диаметра вызывает значительное повышение требуемой производительности компрессоров, а также оказывает влияние на диаметр выпускного отверстия крана машиниста.

До 1948 г. магистральный трубопровод отечественных вагонов выполнялся из труб диаметром 1" (25,4 мм). Железные дороги, входящие в состав УИС, перешли на трубы диаметром 1 1/4" с 1968 г.

В трубопроводе ранее предусматривалось место для накопления загрязнений, которые могут попадать в сжатый воздух через соединительные рукава-пылеловки № 321-003. В настоящее время вместо пылеловок устанавливаются тройники № 573 на грузовых и № 573П на пассажирских вагонах. Эти тройники имеют чугунный корпус. Для грузовых вагонов выпускаются аналогичные детали стальным литьем под давлением. Воздухопроводы к тормозным приборам должны выполняться таким образом, чтобы не было перегибов, способствующих накоплению влаги и загрязнений. Отдельные части магистрали соединяются при помощи муфт и гаек. В настоящее время применяются, в основном, цельносварные воздухопроводы, что значительно увеличивает их герметичность.

Разъемные рукава P11, P17 предназначены для соединения тормозной магистрали локомотива и первого вагона и вагонов между собой. Головки этих рукавов расцепляются при повороте на определенный угол и при саморасцепе вагонов. Концевые краны на тормозной магистрали установлены с поворотом на 60°, благодаря чему при расцеплении вагонов на сортировочных горках головки рукавов находятся на достаточной высоте, что предохраняет их от ударов о стрелочные переводы.

На рисунке 7.43 показан соединительный рукав, выполненный по нормам УИС. Аналогичные рукава изготавливаются по стандартам ГОСТ 1335 и ГОСТ 2593.

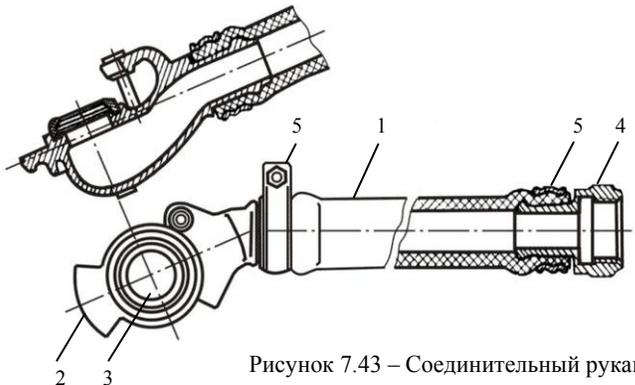


Рисунок 7.43 – Соединительный рукав

Резино-тканевая трубка 1 насаживается на соединительную головку 2 с уплотнительным резиновым кольцом 3 и закрепляется хомутиками 5. Соединение с концевым краном осуществляется наконечником 4.

Для соединения рукава с тормозной магистралью устанавливается выпускавшийся ранее концевой кран № 190 или краны № 4304, 4314 для воздухопровода с внутренним диаметром 32 мм (рисунок 7.44). С помощью этого крана при необходимости может быть перекрыт воздухопровод между вагонами или между локомотивом и вагонами, а также перекрывается магистральный трубопровод по концам поезда – на локомотиве и хвостовом вагоне.

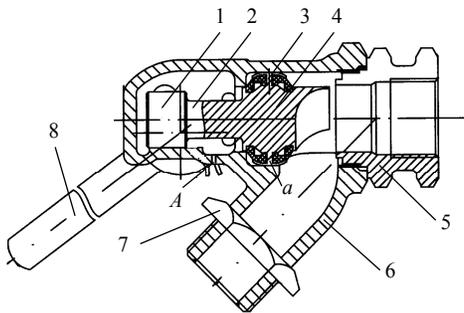


Рисунок 7.44 – Концевой кран 4314

Штуцером 5 кран закрепляется на тормозной магистрали, а к отводу 6 крепится резиновый соединительный рукав. Отражатель 4, уплотненный резиновыми кольцами 3, при перемещении может перекрывать сообщение тормозной магистрали с рукавом.

Это происходит при подъеме рукоятки 8 вверх, в вертикальное положение, когда поворачивается эксцентриковый кулачок 2, на хвостовике которого надета гайка 1 и рукоятка 8. Гайка 1 ввернута в корпус 6 до ликвидации осевого перемещения кулачка 2 и зашплинтована. После наворачивания штуцера рукава гайка 7 играет роль контргайки. Если кран открыт, то ручка 8 располагается вдоль магистрального отростка, как показано на рисунке 7.44, и правое резиновое кольцо перекрывает выход воздуха в атмосферу через отверстие для ручки крана.

При закрытом положении крана, когда ручка повернута в вертикальное положение, левое резиновое кольцо запирает выход воздуха из тормозной магистрали. При этом контрольное отверстие *A* диаметром 6 мм соединяет рукав с атмосферой. Отверстие *a* диаметром 2,5 мм предназначено для частичного выпуска воздуха и предохранения левого кольца от вырывания.

Все более широко применяются на железнодорожном подвижном составе краны шаровые разобщительные и краны шаровые трехходовые. В сравнении с пробковыми (конусными) кранами они имеют следующие преимущества:

- не требуют притирки рабочих поверхностей и смазки;
- обладают повышенной плотностью затвора;

- имеют повышенный срок службы без ремонта ввиду высокой износостойкости фторопласта, из которого сделаны уравнивательные элементы;
- усилие поворота ручки не зависит от температуры окружающей среды;
- ремонт кранов сводится к замене фторопластовых колец.

На рисунке 7.45 показан разобщительный кран, устанавливаемый на подключении воздухораспределителя к магистрали. Корпус может быть из алюминия или чугуна.

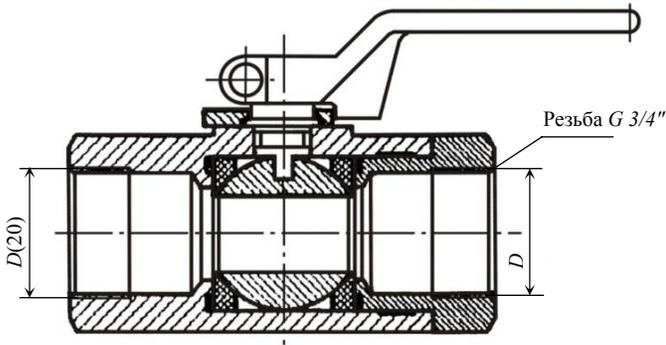


Рисунок 7.45 – Разобщительный кран 1-20-2

На некоторых локомотивах западноевропейских фирм применяются колодочные тормозные блоки различной конструкции (рисунок 7.46).

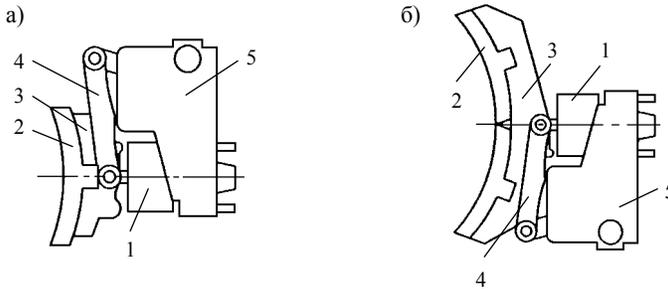


Рисунок 7.46 – Колодочные тормозные блоки:

а – для одной колодки; *б* – двухколодочный блок

1 – тормозной цилиндр; 2 – тормозная колодка; 3 – башмак;

4 – передаточный рычаг; 5 – регулятор выхода штока

Тормозные цилиндры 1 диаметром 6-7" (дюймов) устанавливаются в блоке с регулятором выхода штока 5. Число блоков соответствует числу тормозных колодок.

8 СКОРОСТЕМЕРЫ И РАСШИФРОВКА СКОРОСТЕМЕРНЫХ ЛЕНТ

8.1 Общие сведения о приборах для контроля параметров движения поезда

Скорость движения поезда, пройденное расстояние, путевые сигналы на пути свидетельствуют о следовании поезда по перегону и о работе локомотивной бригады. Эти параметры контролируются в пути следования, а при необходимости также должен обеспечиваться соответствующий контроль после завершения поездки.

Для визуального наблюдения за скоростью движения, временем суток, расстоянием, пройденным поездом (локомотивом), служит скоростемер.

Механические скоростемеры эксплуатируются на локомотивах с конца XIX века. До середины XX века применялись главным образом скоростемеры системы Гаусгельтера и типа «Тейлок». Они контролировали и записывали на бумажной ленте скорость движения локомотива, время нахождения в пути и время стоянки, пройденный путь. Скорость отмечалась наколами на ленте через 3 или 12 с.

Первые скоростемеры типа СЛ-1 были выпущены в СССР в 1947 году, а с 1948 г. начали изготавливать скоростемер СЛ-2, который с отдельными изменениями применяется до настоящего времени, в частности, это скоростемер ЗСЛ-2М. Цифра 3 свидетельствует о том, что прибор **показывает, сигнализирует и регистрирует** основные параметры движения локомотива; СЛ – скоростемер локомотивный, 2М означает номер модернизированной модели.

На скоростемерных лентах записываются: скорость в километрах в час, пробег и суточное время в часах и минутах, давление в тормозной магистрали или в тормозном цилиндре, наличие на локомотивном светофоре соответствующих огней – красного, красно-желтого или желтого, а в случае, если локомотивная сигнализация выключена, – белого огня. На лентах также отмечается движение локомотива задним ходом, включение электропневматического клапана автостопа (ЭПК), нажатия рукоятки бдительности. Дополнительным электромагнитом оборудованы скоростемеры, фиксирующие включенное или выключенное положение системы автоматического управления тормозами (САУТ), которая предупреждает проезд запрещающих путевых сигналов.

Включенные локомотивные устройства САУТ автоматически ограничивают скорость поезда, не допуская ее превышения в зависимости от показа-

ний локомотивного светофора, допустимой скорости движения и расстояния до конца блок-участка. Фактически система САУТ дублирует действия машиниста по управлению тормозами поезда.

В последние годы часть тягового подвижного состава оснащается системами КЛУБ-У.

В 1991 году на локомотивах, а с 1999 – на мотор-вагонном подвижном составе вместо механических скоростемеров начали применяться комплексы средств сбора и регистрации данных о движении поезда (локомотива) КПД-3. Эти приборы обеспечивают увеличение количества данных о параметрах движения поезда, по сравнению со скоростемерами механического типа ЗСЛ-2М, гарантируют высокую точность регистрации, возможность автоматизированной расшифровки диаграммных лент и сохранение регистрируемых данных в модуле памяти. В частности, записываются: данные по измерению скорости до 300 км/ч; изменение ускорения и замедления поезда с регистрацией замедления при торможении в пути следования; величина давления сжатого воздуха в тормозной магистрали (или в тормозных цилиндрах) с точностью до 0,01 МПа.

Принцип действия скоростемерного устройства КПД основан на подсчете мельканий светового луча через отверстие в диске колесного центра колесной пары.

8.2 Механические скоростемеры. Устройство и принцип действия

Скоростемеры ЗСЛ-2М обеспечивают точность измерения скорости ± 2 км/ч. Кроме того, допускается колебание стрелки во время движения на ± 2 км/ч. Таким образом, суммарная погрешность скоростемера ± 4 км/ч.

Общий вид скоростемера показан на рисунке 8.1. Корпус 2 изготовлен из алюминиевого сплава. В среднем блоке размещен циферблат 9 часового механизма и скоростемера 8, а также указатель счетчика километров. К скоростемеру подходит приводной вал 1, прикреплены штепсельный разъем 10 и индикатор 11 давления сжатого воздуха от тормозной магистрали или тормозных цилиндров с приводом 12.

Регистрирующий механизм 4 размещен в верхней части прибора за стеклянным окошком в откидной крышке 3. Электromагниты для регистрации параметров АЛСН размещены в верхней части 5 скоростемера. Замок 6 обеспечивает записывающие устройства скоростемера от постороннего доступа. Ключ 7 предназначен для завода часового механизма. Для перевода стрелок необходимо вытянуть ключ и вращать его по часовой стрелке.

Приводной вал 1 с реверсивным устройством соединяется с колесной парой локомотива через редукторный привод, обеспечивающий вращение ос-

новой оси скоростемера. Редуктор, путем подбора шестерен для изменения передаточного числа, обеспечивает измерение скорости при различных диаметрах колесных пар локомотива. Скорость отмечается на ленте скоростемера в виде ломаной линии.

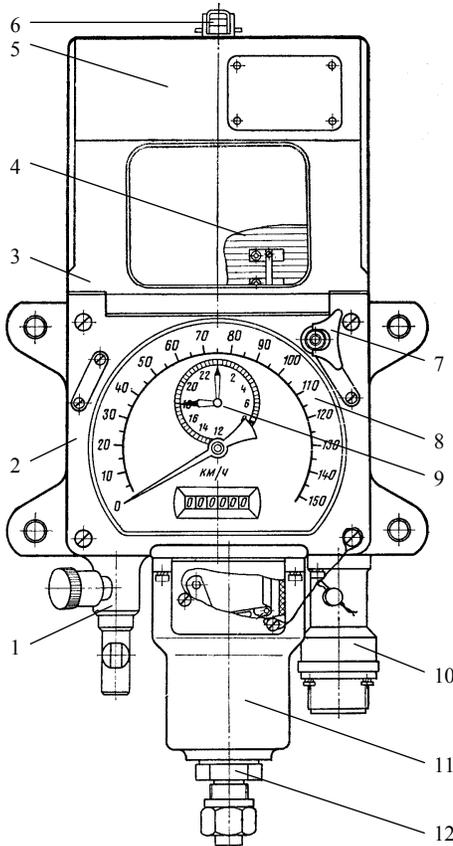


Рисунок 8.1 – Общий вид скоростемера
 ческим писцом диаметром 0,8 мм, изготовленным из латуни.

С помощью сегментного механизма обеспечивается измерение пройденного пути, а часовой механизм измеряет затраченное время.

Для определения действительной скорости v_d необходимо знать фактический диаметр колеса, который зависит от износа бандажей. Поправка на погрешность определяется по формуле

$$v_d = \frac{v_n d_p}{d_\phi},$$

где v_n – скорость, измеренная и записанная на ленте; d_p и d_ϕ – расчетный и фактический диаметры колеса.

Расчетный диаметр установлен с учетом среднего износа колес по кругу катания для каждого типа локомотивов.

Привод для передачи вращающего момента от колесной пары на скоростемер монтируется, как правило, на буксе с правой стороны по ходу поезда.

Записи на скоростемерной ленте выполняются металличе-

8.3 Расшифровка скоростемерных лент

Скоростемерная лента изготавливается из белой бумаги, покрытой специальным составом (водным раствором сернокислого бария). Она наматывается рулоном шириной 79,5 мм на полый патрон.

При механическом воздействии писцом из цветного металла на ленте остается след, как от простого карандаша. На ленте (рисунок 8.2), разбитой на два основных поля, типографским способом отпечатаны цифры и линии, используемые при расшифровке записей. Длина ленты составляет 12 м, что соответствует 2400 км пути. Верхнее поле ленты предназначено для записи линии времени от 0 до 30 минут. Здесь же делаются наколы, соответствующие времени в часах и расположенные на 6 мм левее каждой второй линии получасового спада писца минут. На верхнем поле ленты располагаются также записи писцов, регистрирующих включенное и выключенное положение АЛСН с автостопом, огни локомотивного светофора – красный (ЭК), красно-желтый (ЭКЖ) и желтый (ЭЖ). Регистрируются также срабатывания автостопа и нажатия на рукоятку бдительности. По записям на ленте можно определить загорание зеленого и белого огней. Нижнее поле ленты предназначено для записи скорости, давления в тормозной магистрали (или в тормозных цилиндрах) и отметки о движении локомотива задним ходом.

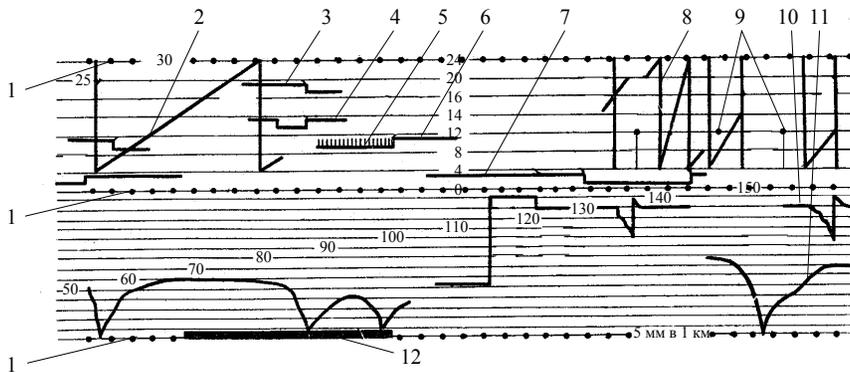


Рисунок 8.2 – Диаграммная лента скоростемера (150 км/ч) с примерами записи параметров движения:

- 1 – километровые наколы; 2 – линия минут (времени t); 3 – линия красного огня светофора (ЭК); 4 – линия красно-желтого огня (ЭКЖ); 5 – нажатие рукоятки бдительности; 6 – линия включенного положения автостопа (ЭЭ); 7 – линия желтого огня (или белого); 8 – полчасаевой спад линии минут; 9 – часовой накол; 10 – линия давления в ТМ или ТЦ; 11 – линия скорости v ; 12 – линия движения задним ходом

Точное определение параметров движения локомотива требует определенных навыков при расшифровке. Должен быть установлен точный диаметр колесной пары с тем, чтобы внести необходимую поправку на износ бандажей при определении реальной величины скорости и пройденного расстояния. Такая поправка должна вноситься независимо от типа прибора, предназначенного для измерения скорости, поскольку скоростемер обычно рассчитан на среднеизношенный бандаж.

Конструкция скоростемера такова, что только писцы скорости и времени (минут) расположены на одной прямой. Остальные писцы размещены по ширине окна.

Максимальная величина подъема писца скорости на нижнем поле скоростемерной ленты составляет 40 мм, поэтому при скоростемере со шкалой 150 км/ч масштаб линии скорости составляет 3,75 км/ч на 1 мм подъема писца. При максимальной скорости в 225 км/ч 1 мм подъема писца составляет 5,625 км/ч. Нулевая скорость отмечается по линии нижних километровых наколов.

Регистрация времени производится на верхнем поле скоростемерной ленты на одной вертикали с писцом скорости. Нулевая линия минут и часовых наколов расположена на 5 мм выше линии максимальной скорости. Еще выше на 30 мм проходит линия 30 минут и отметка 24 часа. При движении локомотива писец минут вычерчивает вертикальные линии спада. Часовые наколы делаются на 6 мм левее каждого второго спада минутного писца.

Пройденный путь определяется по длине ленты – 1000 м пути соответствуют 5 мм скоростемерной ленты и отличаются тремя рядами наколов в ее верхней, средней и нижней частях. Расстояние между наколами – 5 мм, т. е. 1 км пути.

Давление в тормозной магистрали поезда или давление в тормозных цилиндрах мотор-вагонного поезда регистрируется на нижнем поле скоростемерной ленты. При давлении, равном 0 МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$), писец индикатора записывает прямую линию на скорости 50 км/ч на скоростемерной ленте, рассчитанной до 150 км/ч, и на скорости 80 км/ч, если лента применяется в скоростемере на 225 км/ч. Максимальный подъем писца составляет 25 мм на индикаторе тормозного давления 0,8 МПа, то есть 1 мм соответствует 0,032 МПа. Ранее применялись индикаторы тормозного давления до 0,6 МПа, обеспечивавшие перемещение писца на 1 мм при изменении давления на 0,024 МПа.

Писцы тормозного давления, желтого с красным (ЭКЖ) и красного (ЭК) огней локомотивного светофора, а также писец линии заднего хода смещены на 20 мм вправо от линии скорости v и времени t . Вправо на 22,5 мм от этих писцов или на 42,5 мм от писцов скорости и времени расположен писец

включенного положения электропневмоклапана автостопа, записывающий линию ЭЭ. Линия желтого огня ЭЖ смещена на 27 мм влево от линии писцов скорости и времени. На этом же расстоянии расположен писец системы САУТ, который может быть задействован на локомотивах. Для этой цели скоростемер оборудуют пятым электромагнитом.

Система АЛСН при следовании поезда к путевому светофору с красным огнем обеспечивает периодическое включение автостопа с подачей звукового сигнала машинисту, который подтверждает свою бдительность нажатием рукоятки РБ. Сигнал подается через 20–30 с в период следования на запрещающий огонь светофора.

Для первичного учета и анализа ведения поезда оформляется журнал расшифровки скоростемерных лент формы ТУ-133, который используется для анализа работы локомотивной бригады по ведению поезда и работы устройств, обеспечивающих безопасность движения.

8.4 Комплекс средств сбора и регистрации данных о движении поезда

В последние годы все более широкое распространение получают электронные средства контроля движения поезда.

Электронный скоростемер КПД-3 предназначен для автоматического сбора и хранения информации о движении поезда на диаграммной ленте и в модуле памяти. Регистрация параметров производится на металлизированной бумажной ленте и в энергонезависимом запоминающем устройстве («черный ящик»). Данные по ведению поезда: скорость движения до 300 км/ч; величина ускорения или замедления поезда; давление сжатого воздуха в тормозной магистрали или в тормозных цилиндрах; запись состояния всех сигналов АЛСН и положения электропневматического клапана (ЭПК); регистрация времени хода и стоянок поезда; регистрация направления движения поезда.

На рисунке 8.3 представлена схема модулей комплекса.

КПД отличается повышенной (по сравнению со скоростемером ЗСЛ) точностью измерений, в частности, погрешность измерения скорости $\pm 0,3\%$, а регистрации скорости $\pm 0,8\%$, допустимая погрешность измерения ускорения – не более $\pm 0,02$ м/с²; погрешность регистрации пройденного пути – не более 0,1 км на каждые 20 км и зависит от точности задания диаметра колесных пар по кругу катания. Точность измерений обеспечивается, если погрешность задания диаметра бандажа будет в пределах $\pm 0,5$ мм.

В блоках индикации БИ в цифровой форме отображаются параметры движения локомотива (поезда). На лицевой панели блоков индикации располагаются индикатор скорости, клавиатура, позволяющая вводить в блок дан-

ные о диаметре колесных пар, связанных с блоком, и кнопка регулирования яркости свечения индикаторов. Блоки выполнены на полупроводниковых приборах и микросхемах.

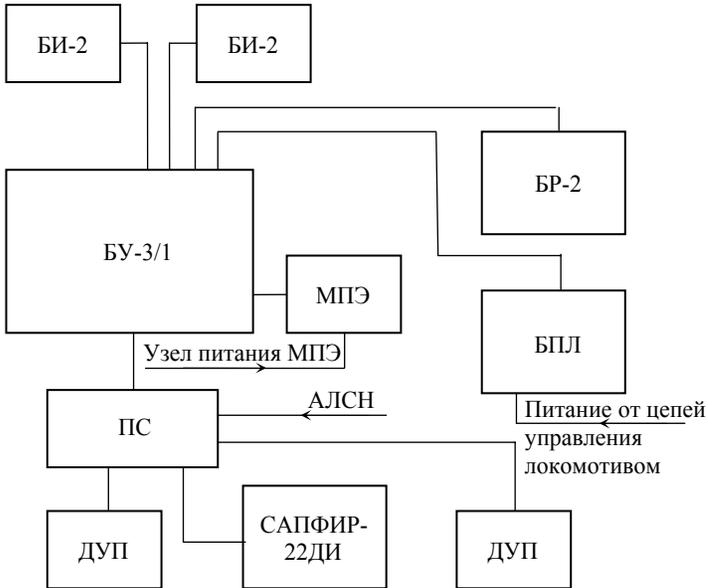


Рисунок 8.3 – Схема соединения модулей комплекса КПД-3:

БУ-3 – блок управления; БИ – блок индикации; БР – блок регистрации; МПЭ – модуль памяти энергонезависимый; БПЛ – блок питания локомотивный; ПС – панель соединительная; ДУП – датчик угла поворота типа Л178/1; САПФИР (СТЭК) – измеритель давления сжатого воздуха

Блок управления БУ-3 производит обработку сигналов, поступивших от системы АЛСН и датчиков. В блоке производится вычисление скорости движения и ускорения, фиксация величины давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах по информации, поступившей от датчиков Л178 и САПФИР (или СТЭК). Блок управления формирует сигналы о превышении заданных значений скорости, регистрирует общий пробег. Данная информация направляется в энергонезависимое полупроводниковое запоминающее устройство (модуль памяти).

Энергонезависимый модуль памяти МПЭ, выполненный в виде отдельного блока и подключенный через узел питания, сохраняет информацию о поездке в течение 24 часов после прекращения питания. Эта информация фиксируется дискретно через достаточно малые промежутки: скорость – 1 км/ч,

давление – 0,01 МПа, время – 1 с, пройденный путь – 10 м. Кроме того, в модуле МПЭ регистрируется информация о направлении движения локомотива (вперед, назад) и о кабине, из которой производится управление; положении ручки крана машиниста; коде рельсовой цепи и состоянии сигналов АЛСН; величине замедления (отрицательного ускорения) локомотива. Модуль памяти МПЭ допускает до 5000 циклов перезаписи. Он работает нормально при отрицательной температуре до –30 °С.

Датчик угла поворота ДУП типа Л178/1 фиксирует пройденный путь, преобразуя угол поворота колесной пары в электрический сигнал, который используется в системах, предназначенных для контроля пройденного пути, скорости движения до 300 км/ч, ускорения локомотива.

Для регистрации давления сжатого воздуха служит датчик типа САПФИР, который выдает информацию в виде стандартных токовых сигналов, получаемых от электронного устройства, преобразующего давление в изменение электрического сопротивления. Погрешность прибора – 5 % при верхнем пределе измерения 1 МПа. Рабочее напряжение – 36 В.

В настоящее время применяются датчики давления типа СТЭК, имеющие те же параметры, но больший диапазон рабочего напряжения. Датчик СТЭК имеет меньшие габариты по сравнению с датчиком САПФИР. Предел измерения давления – 0–1,0 МПа, может работать при напряжениях от 16 до 42 В, токовая нагрузка – до 5 мА.

8.5 Унифицированная система регулирования и обеспечения безопасности движения КЛУБ-У

В последние годы часть тягового состава оснащается системой комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ-У, которая предназначена для приема и индикации сигналов АЛСН, измерения скорости локомотива (поезда), а также осуществляет контроль бдительности машиниста и допустимой скорости движения. Одновременно осуществляется регистрация параметров движения на съемную кассету с последующей дешифровкой на специальном стенде. Система КЛУБ-У позволяет определять координаты места нахождения поезда с помощью спутниковой навигации, производить отсчет времени, пройденного пути и скорости движения.

Система КЛУБ-У может работать совместно с устройствами САУТ (автоматического управления тормозами), которые контролируют максимальную скорость движения, при необходимости производят автоматически снижение числа оборотов тяговых двигателей и торможение для поддержания заданной скорости. Машинисту выдаются речевые сообщения о режиме движения поезда.

В состав КЛУБ-У входит ряд комплексов (рисунок 8.4).

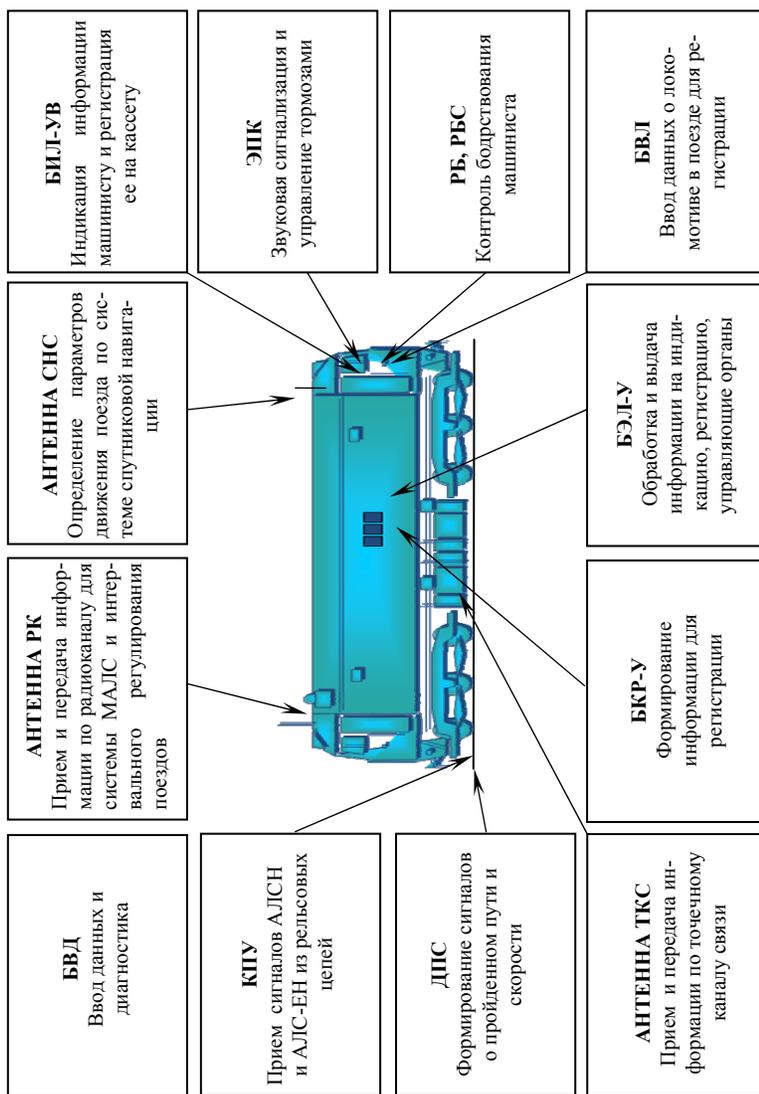


Рисунок 8.4 – Комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У

В частности, антенны: РК – для приема и передачи информации по радиоканалу для систем, обеспечивающих контроль графического движения поездов; СНС – для определения параметров движения поезда по системе спутниковой навигации; ТКС – для передачи и приема информации о движении поездов по каналам связи.

Прием сигналов от систем АЛСН из рельсовых цепей осуществляется устройством КПУ. Формирование сигналов о пройденном пути и скорости осуществляет устройство ДПС, а контроль бдительности машиниста – система РБ или РБС.

Контроль звуковой сигнализации и управления тормозами производит устройство ЭПК.

Специальные устройства производят индикацию информации, регистрируют ее на кассету – БИЛ-УВ, БВЛ, БЭЛ-У и БКР-У. Расшифровка записанной на кассету информации производится стационарным устройством дешифрации СУД-У после окончания поездки.

8.6 Электронные скоростемеры

На отдельных железных дорогах внедрены электронные скоростемерные системы «Вектор». Запись параметров движения осуществляется в энергонезависимый модуль памяти МПЕ (МП1), а расшифровка – на специальных стендах «Вектор ДШ2 (МДШ)» с помощью программного комплекса «Вектор +».

Электронная скоростемерная лента предназначена для регистрации параметров движения поездов, работы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и приборов безопасности. Лента генерируется программным комплексом «Вектор +» после считывания параметров движения из энергонезависимого модуля памяти.

На рисунке 8.5 приведена запись на электронной скоростемерной ленте, сделанная по результатам поездки.

Лента имеет вертикальную и горизонтальную оси, а также визир для определения мгновенных значений параметров движения. На горизонтальной оси размещается шкала расстояния, которое прошел поезд. По вертикальной оси лента разделена на четыре части:

- 1 Поле времени в диапазоне 0–30 минут.
- 2 Поле состояния ЭПК, поле световой сигнализации (ПСС) и АЛС.
- 3 Поле записи величины давления в тормозной магистрали с обозначениями 0; 2; 4; 6; 8 и 10 кгс/см².
- 4 Поле записи скорости движения в пределах 0–140 км/ч. На этом поле красной линией показано ограничение скорости, принятое на данном участке.

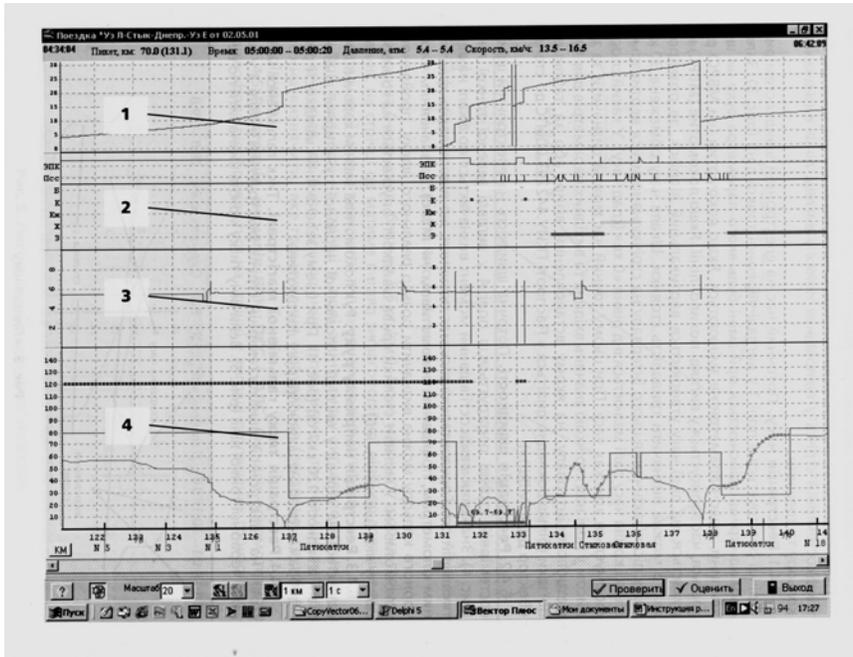


Рисунок 8.5 – Электронная скоростемерная лента

Установку и снятие энергонезависимого модуля памяти МПЕ (МП1) выполняет машинист локомотива, который при сдаче модуля на расшифровку заполняет все данные о поездке по установленной форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Асадченко, В. Р.** Автоматические тормоза подвижного состава : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. Р. Асадченко. – М. : Маршрут, 2006. – 392 с.

2 **Галай Э. И.** Тормоза локомотивов и вагонов: проблемы и перспективы : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1 : Повышение эффективности фрикционных тормозов. – Гомель : БелИИЖТ, 1992. – 71 с. ; Ч. 2 : Фрикционные узлы тормозов. – Гомель : БелИИЖТ, 1993. – 69 с.

3 **Галай, Э. И.** Тармазы цягнікоў : вучэб. дап. для вну / Э. И. Галай ; Беларус. дзярж. ун-т трансп. – Гомель : БелДУТ, 1999. – 100 с.

4 **Галай, Э. И.** Повышение эффективности электропневматических тормозов поезда / Э. И. Галай. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 182 с.

5 **Иноземцев, В. Г.** Автоматические тормоза : учеб. для вузов / В. Г. Иноземцев, В. М. Казаринов, В. Ф. Ясенцев. – М. : Транспорт, 1981. – 464 с.

6 **Иноземцев, В. Г.** Тормоза железнодорожного подвижного состава – вопросы и ответы / В. Г. Иноземцев. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.

7 **Крылов, В. И.** Автоматические тормоза подвижного состава : учеб. для учащихся техникумов ж.-д. трансп. / В. И. Крылов, В. В. Крылов. – М. : Транспорт, 1983. – 360 с.

8 **Стандарт организации СТП 09150.17.038-2006.** Правила эксплуатации тормозов подвижного состава на Белорусской железной дороге. – Введ. 2007-03-12. – Мн. : Беларус. ж. д., 2007. – 294 с.

9 **Стандарт организации СТП 09150.18.053-2007.** Правила ремонта тормозного оборудования вагонов. – Введ. 2008-01-21. – Мн. : Беларус. ж. д., 2007. – 112 с.

10 **Стандарт организации СТП 09150.56.052-2007.** Порядок эксплуатации тормозов специального подвижного состава на Белорусской железной дороге. – Введ. 2008-04-01. – Мн. : Беларус. ж. д., 2008. – 68 с.

11 Инструкция по техническому обслуживанию, ремонту и испытанию тормозного оборудования локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава ЦТ-533. – М. : Техинформ, 1998. – 213 с.

12 Тормозное оборудование железнодорожного подвижного состава : справ. / В. И. Крылов [и др.]. – М. : Транспорт, 1989. 487 с.

13 **Kubec, J.** Brzdová výstroj nových železničních vozů ČSD. – Nakladatelství dopravy a spoju / J. Kubec. – Praha, 1981. – 332 s.

14 **Orlik, A.** Hamulce pociągów kolejowych. Podstawy konstrukcji i działania / A.Orlik. – Warszawa: WKŁ, 1978. – 327.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
1 Общие сведения о тормозах, их основные характеристики	5
1.1 Особенности торможения поезда	5
1.2 Кинетическая энергия поезда, силы сопротивления движению	6
1.3 Уравнение движения поезда при торможении	11
1.4 Классификация тормозов железнодорожного подвижного состава	12
1.5 Этапы развития тормозных систем подвижного состава	13
1.6 Принцип действия пневматических тормозов	16
1.7 Свойства системы управления автоматическими тормозами	23
1.8 Фазы действия пневматических тормозов	25
1.9 Основные количественные и качественные характеристики тормозов	28
1.10 Электропневматические тормоза	36
1.11 Другие виды тормозных систем подвижного состава	39
1.12 Технические требования к тормозным системам железнодорожного подвижного состава	43
2 Обеспечение тормозной системы поезда сжатым воздухом	47
2.1 Свойства и потребление сжатого воздуха в поезде	47
2.2 Локомотивные компрессоры	50
2.3 Регулирование подачи компрессора	60
2.4 Совершенствование локомотивных компрессоров	69
2.5 Способы осушки сжатого воздуха	72
2.6 Очистка воздуха в тормозных системах	82
2.7 Плотность тормозной магистрали поезда	85
2.8 Техническое обслуживание и ремонт компрессорных установок локомотивов	92
3 Устройства управления тормозами	96
3.1 Общие сведения и технические требования	96
3.2 Основные свойства кранов машиниста	99
3.3 Краны вспомогательного тормоза локомотива	120
3.4 Краны машиниста с дистанционным управлением	127
3.5 Блокировочные устройства в системе управления тормозами	131
3.6 Обеспечение безопасности движения при работе пневматических тормозов	136
3.7 Краны машиниста западноевропейских железных дорог	140

4 Исполнительные устройства тормозов – воздухораспределители	154
4.1 Общие сведения и технические требования	154
4.2 Воздухораспределители пассажирских вагонов и локомотивов	160
4.3 Воздухораспределители грузового типа	170
4.4 Пути совершенствования грузовых воздухораспределителей	197
5 Воздушные тормоза с электрическим управлением	199
5.1 Общие сведения об электропневматических тормозах	199
5.2 Конструкция электровоздухораспределителей	204
5.3 Действие электровоздухораспределителя № 305-000	207
5.4 Действие электровоздухораспределителя № 305-002	213
5.5 Действие системы электропневматического торможения в поезде	215
6 Автоматические регуляторы грузовых режимов торможения	224
6.1 Способы регулирования тормозной силы в зависимости от загрузки вагона	224
6.2 Авторежимы с постоянным контактом деталей измерительного устройства	230
6.3 Авторежимы с временным контактом упора и опорной плиты	235
6.4 Совершенствование конструкции авторежима	238
6.5 Авторежимы вагонов Западной Европы и США	242
7 Силовые устройства тормозов и арматура	251
7.1 Тормозные цилиндры	251
7.2 Тормозная рычажная передача	261
7.3 Регулирование рычажных передач	279
7.4 Регулирование рычажных передач западноевропейских вагонов и локомотивов	285
7.5 Тормозные блоки колодочных и дисковых тормозов	294
7.6 Воздухопровод и арматура	298
8 Скоростемеры и расшифровка скоростемерных лент	302
8.1 Общие сведения о приборах для контроля параметров движения поезда	302
8.2 Механические скоростемеры. Устройство и принцип действия	303
8.3 Расшифровка скоростемерных лент	305
8.4 Комплекс средств сбора и регистрации данных о движении поезда	307
8.5 Унифицированная система регулирования и обеспечения безопасности движения КЛУБ-У	309
8.6 Электронные скоростемеры	311
Список литературы	313

Учебное издание

ГАЛАЙ Эдуард Иванович
ГАЛАЙ Елена Эдуардовна

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

КОНСТРУКЦИЯ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

Редактор *И. И. Эвентов*
Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Подписано в печать 14.09.2010 г. Формат бумаги 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 18,37. Уч.-изд. л. 18,41. Тираж 325 экз.
Зак. № 2817. Изд. № 8.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0552508 от 09.07.2009 г.
ЛП № 02330/0494150 от 03.04.2009 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.