

Кафедра «Тракторы»

# ГИДРОПНЕВМООБОРУДОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Лабораторный практикум  
для студентов специальностей

1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины»,

1-37 01 03 «Тракторостроение»,

1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт»,

1-61 01 01-01 «Промышленный дизайн (транспортных средств)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2020

УДК 629.3.064.2+629.3.064.3(076.5)

ББК 34.447я7

Г46

Составители:

*А. И. Рахлей, А. С. Поварехо, В. В. Гуськов*

Рецензенты:

зав. кафедрой «Тракторы и автомобили» Белорусского  
государственного аграрного технического университета,  
канд. техн. наук, доцент *Г. И. Гедроить*;

главный конструктор по тракторному производству  
ОАО «Минский тракторный завод», канд. техн. наук *Н. И. Зезетко*

Г46      **Гидропневмооборудование** мобильных машин : лабораторный практикум для студентов специальностей 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт», 1-61 01 01-01 «Промышленный дизайн (транспортных средств)» / сост.: А. И. Рахлей, А. С. Поварехо, В. В. Гуськов. – Минск : БНТУ, 2020. – 92 с.  
ISBN 978-985-583-176-2.

Лабораторный практикум содержит 11 лабораторных работ по курсам «Гидро- и пневмооборудование тракторов», «Гидропневмосистемы управления специальных машин», «Гидропневмооборудование электрического транспорта», «Гидропневмосистемы мобильных машин», «Конструкции транспортных средств» для студентов специальностей 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт», 1-61 01 01-01 «Промышленный дизайн (транспортных средств)».

Лабораторные работы предусматривают изучение назначения, устройства и работы элементов и систем мобильных машин с гидро- и пневмоприводом, методик экспериментального определения статических и динамических характеристик устройств и гидропневмосистем в целом, а также применяемого при их исследовании комплекса измерительной регистрирующей аппаратуры.

УДК 629.3.064.2+629.3.064.3(076.5)

ББК 34.447я7

ISBN 978-985-583-176-2

© Белорусский национальный  
технический университет, 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Пневматические, гидравлические и пневмогидравлические приводы широко применяются на автомобилях, тракторах, троллейбусах и других транспортных, а также специальных машинах. Они используются в тормозных системах, системах управления сцеплением, коробок передач, пневматической подвеской, механизмом блокировки дифференциала, в усилителях рулевого управления и т. д. Сложность и многообразие пневматических и гидравлических устройств, входящих в пневмо- и гидроприводы мобильных машин, является причиной углубленного изучения гидропневмосистем и развития методов расчета, позволяющих на стадии проектирования определять основные их конструктивные параметры.

Планом подготовки по дисциплинам «Гидро- и пневмооборудование тракторов», «Гидропневмосистемы управления специальных машин», «Гидропневмооборудование электрического транспорта», «Гидропневмосистемы мобильных машин», «Конструкции транспортных средств» для студентов специальностей 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт», 1-61 01 01-01 «Промышленный дизайн (транспортных средств)» предусмотрено изучение методов расчета гидропневмоприводов, используемых в системах управления, и их отдельных элементов.

Большое значение при изучении этих дисциплин имеют лабораторные работы, позволяющие закрепить и углубить учебный материал, изложенный на лекциях, а также выработать у студентов определенные практические навыки по определению основных характеристик гидропневмосистем и их элементов.

Лабораторные работы проводятся на стендовом оборудовании с использованием наглядных пособий (плакатов, различных макетов пневмо- и гидропневмоаппаратов). Отчеты по работам оформляются на листах формата А4, все необходимые схемы и эскизы вычерчиваются аккуратно карандашом.

Перед началом цикла лабораторных работ студенты проходят инструктаж по технике безопасности и правилам противопожарной безопасности с отметкой в журнале.

## Лабораторная работа № 1

### ЭЛЕМЕНТЫ ПНЕВМОАППАРАТУРЫ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

**Цель работы:** изучить назначение, устройство, принцип работы элементов пневмоаппаратуры тормозных систем мобильных машин (автомобиля, трактора, троллейбуса).

**Оборудование:** стенд пневмопривода тормозов тракторного поезда; узлы и детали элементов пневмоаппаратуры тормозных систем автомобиля, трактора, троллейбуса, чертежи; планшеты; разные макеты.

#### Общие сведения

Пневматический привод широко применяется в рабочих и запасных тормозных системах автомобилей, тракторов, троллейбусов и тракторных поездов. Источником энергии в пневматических тормозных приводах служит компрессор, назначение которого заключается в приготовлении нужного количества сжатого воздуха. Автотракторные компрессоры состоят из нескольких узлов и систем: механизма сжатия воздуха (поршневой, роторный, роторно-поршневой); механизма привода компрессора; механизма разгрузки компрессора при достижении максимального давления; системы питания; системы охлаждения. Наибольшее распространение получили одно- и двухцилиндровые автотракторные компрессоры (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Общий вид одноцилиндрового (МТЗ) и двухцилиндрового (МАЗ) компрессоров

Конструкция двухцилиндрового компрессора автомобиля МАЗ представлена на рис. 1.2.

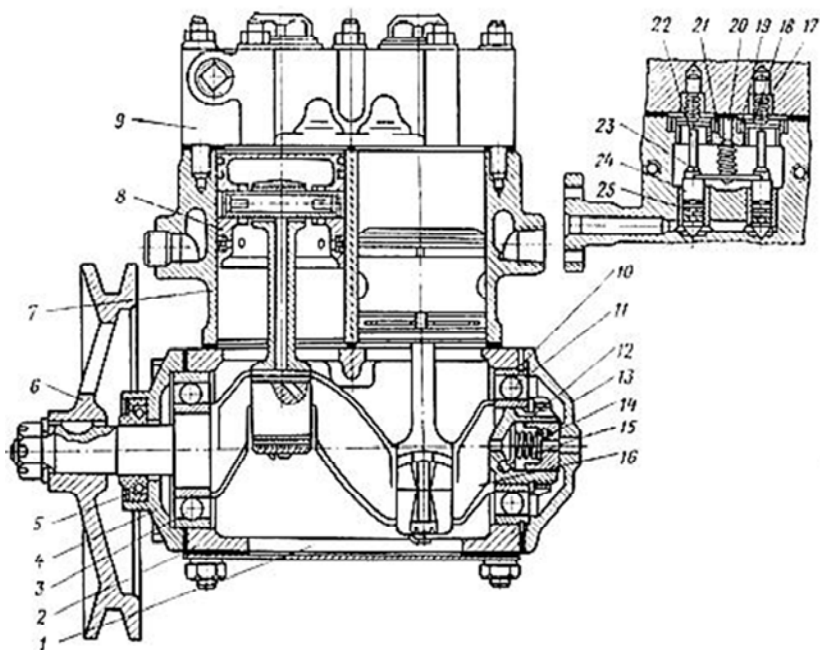


Рис. 1.2. Двухцилиндровый компрессор автомобиля МАЗ:

- 1 – транспортная заглушка картера компрессора; 2 – картер компрессора;
- 3 и 11 – подшипники; 4 – передняя крышка компрессора; 5 – сальник;
- 6 – шкив; 7 – блок цилиндров компрессора; 8 – поршень с шатуном;
- 9 – головки цилиндров компрессора; 10 – стопорное кольцо;
- 12 – упорная гайка; 13 – задняя крышка картера компрессора;
- 14 – уплотнитель; 15 – пружина уплотнителя; 16 – коленчатый вал;
- 17 – пружина впускного клапана; 18 – впускной клапан;
- 19 – направляющая впускного клапана; 20 – направляющая пружина коромысла;
- 21 – пружина коромысла; 22 – шток впускного клапана;
- 23 – коромысло; 24 – плунжер; 25 – уплотнительное кольцо

Приборы пневматического тормозного привода по функциональному назначению можно разделить на: приборы подготовки сжатого воздуха, приборы управления рабочей, запасной, стояночной и вспомогательной тормозной системами, приборы аварийного растормаживания тормозных систем, приборы пневматических приводов посторонних (не тормозных) потребителей сжатого воз-

духа. Все основные приборы пневматического тормозного привода разделяются на три вида:

1. Приборы подготовки сжатого воздуха (очистки, осушки, предохранения от замерзания конденсата).

2. Приборы регулирования давления, которые по команде водителя или автоматически изменяют давление в какой-либо части тормозного привода.

3. Приборы, преобразующие давление сжатого воздуха в приводную силу какого-либо механизма, обслуживаемого пневмоприводом (тормозные цилиндры, камеры, пневмопереходники и т. д.).

К приборам подготовки сжатого воздуха относятся регуляторы давления, влагомаслоотделители, воздушосушители, противозамерзатели, обратные и защитные клапаны.

Регулятор давления (рис. 1.3) служит для поддержания в определенных пределах давления в ресиверах пневматического тормозного привода.

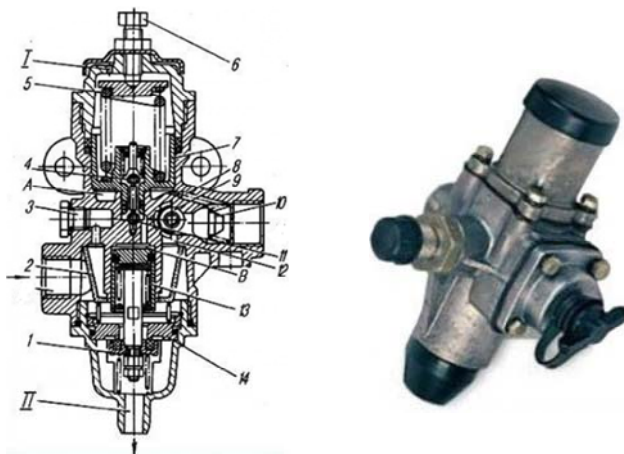


Рис. 1.3. Регулятор давления:

- 1 – клапан разгрузочный; 2 – фильтр; 3 – пробка канала отбора воздуха;
- 4 – клапан выпускной; 5 – пружина уравнивающая;
- 6 – болт; 7 – поршень уравнивающий; 8, 12 – каналы;
- 9 – канал кольцевой; 10 – клапан обратный; 11 – клапан впускной;
- 13 – поршень разгрузочный; 14 – седло разгрузочного клапана;
- А – полость под уравнивающим поршнем;
- В – полость над разгрузочным поршнем;
- И, II – атмосферные выходы

Для очистки сжатого воздуха в приводе устанавливаются фильтры и влагомаслоотделители в виде отдельных приборов (рис. 1.4). Удаление собранного конденсата осуществляется ручным или автоматическим краном слива конденсата.

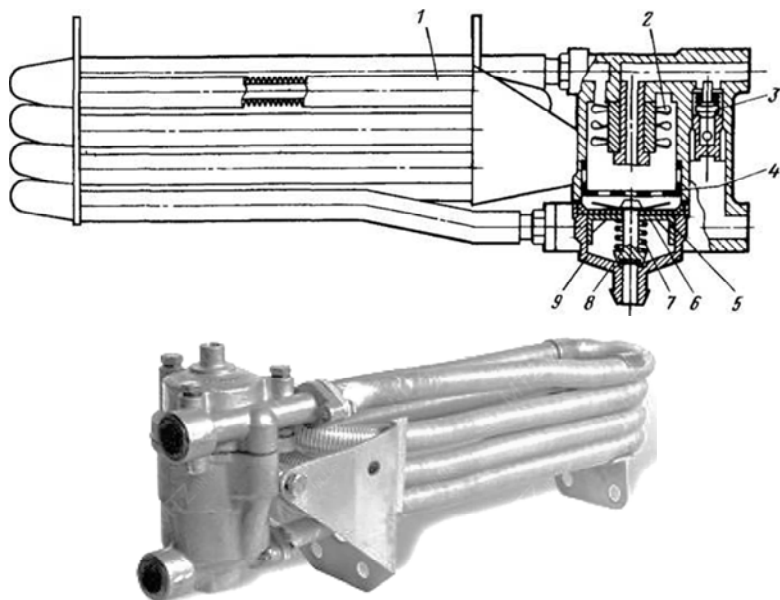


Рис. 1.4. Влагомаслоотделитель автомобиля МАЗ:  
 1 – оребренная трубка радиатора; 2 – направляющая шайба дефлектора;  
 3 – обратный клапан; 4 – сетка; 5 – тарелка диафрагмы; 6 – диафрагма;  
 7 – пружина; 8 – сливной клапан; 9 – нижняя крышка

Осушка сжатого воздуха (удаление водяных паров) обеспечивается с помощью приборов, называемых воздухоосушителями (рис. 1.5). Их работа основана на свойстве абсорбирующих материалов (силикагель и т. д.) поглощать влагу.

Приборы, которые с помощью антифриза понижают температуру замерзания влаги, называются предохранителями против замерзания (рис. 1.6).

Разделение контуров привода рабочей тормозной системы, отделение посторонних потребителей, обеспечение заданной последовательности наполнения и опораживания ресиверов осуществляется обратным, перепускными и защитными клапанами.

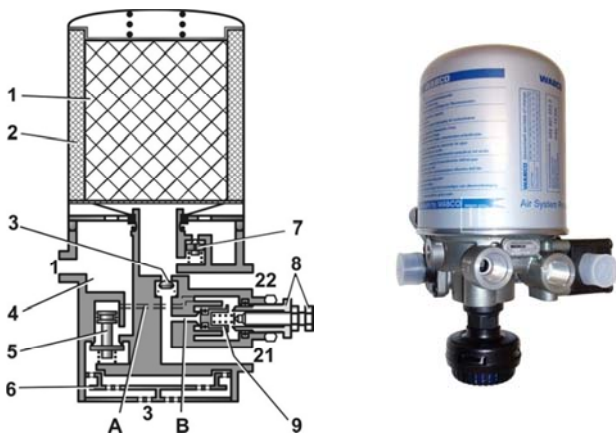


Рис. 1.5. Воздухоосушитель:

- 1 – осушающее вещество; 2 – кольцевой фильтр; 3 – обратный клапан;  
 4 – камера влагоотделения; 5 – клапан разгрузочный; 6 – глушитель шума;  
 7 – вентиляционное отверстие; 8 – регулировочные винты; 9 – клапан впускной.  
 Подводы: 1 – подвод от компрессора; 21 – отвод к четырехконтурному  
 защитному клапану; 22 – отвод к воздушному ресиверу регенерации;  
 3 – атмосферный вывод; А, В – каналы

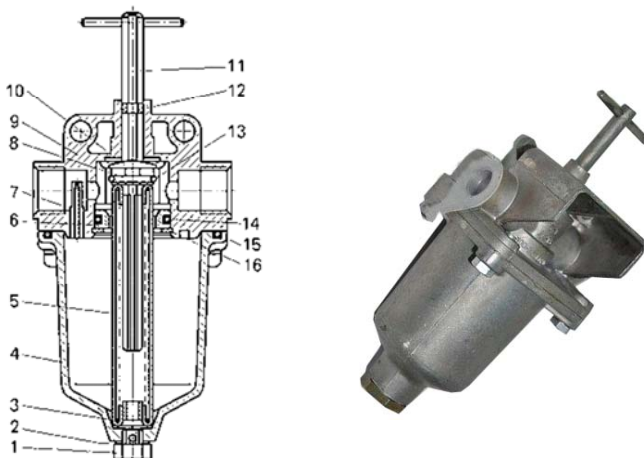


Рис. 1.6. Противозамерзатель:

- 1 – пробка сливного отверстия; 2 – уплотнительная прокладка;  
 3 – пружина; 4 – нижний корпус; 5 – фитиль; 6 – обойма; 7 – жиклер;  
 8 – пробка; 9 – верхний корпус; 10 – запирающий штифт;  
 11 – шток с рукояткой; 12, 13, 14, 15 – уплотнительные кольца



Обратные клапаны предназначены для пропуска сжатого воздуха только в одном направлении, перепускные пропускают воздух в прямом направлении только при определенном давлении на входе в прибор.

Защитные клапаны предназначены для разделения контуров пневматического тормозного привода. В зависимости от количества выходов различают двухконтурные (рис. 1.7), трехконтурные и четырехконтурные защитные клапаны (рис. 1.8).

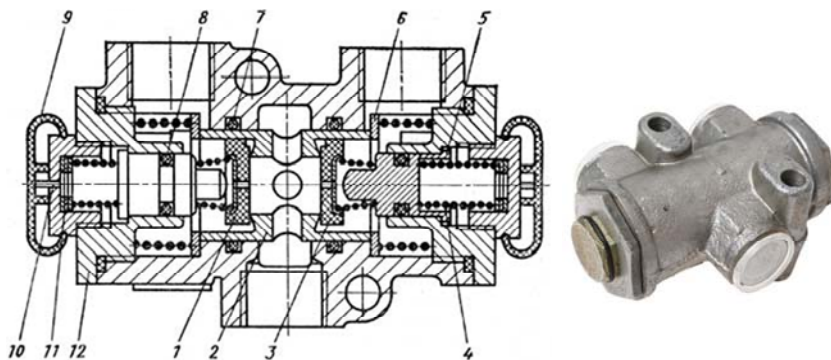


Рис. 1.7. Двойной защитный клапан:

- 1 и 3 – плоские клапаны; 2 и 5 – поршни; 4 – пружина;  
 6 – упорное кольцо; 7 и 8 – уплотнительные кольца;  
 9 – защитный чехол; 10 – пробка с дренажным отверстием;  
 11 – регулировочная шайба; 12 – крышка

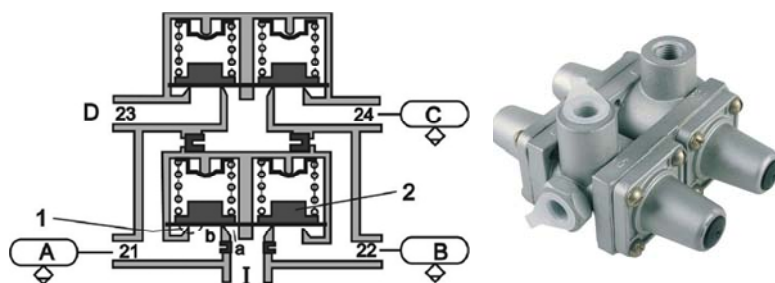


Рис. 1.8. Схема и общий вид четырехконтурного защитного клапана:

- I – вход; 1, 2 – перепускные клапаны; 21, 22 – контуры рабочей тормозной системы; 23 – контур стояночного тормоза; 24 – контур привода двери; A, B – ресиверы контуров рабочей тормозной системы; C – ресивер дверного привода; D – вывод стояночной тормозной системы

К приборам регулирования давления относятся тормозные краны. Наибольшее распространение получили тормозные краны прямого действия (рис. 1.9, 1.10), комбинированные краны (рис. 1.11, 1.12).

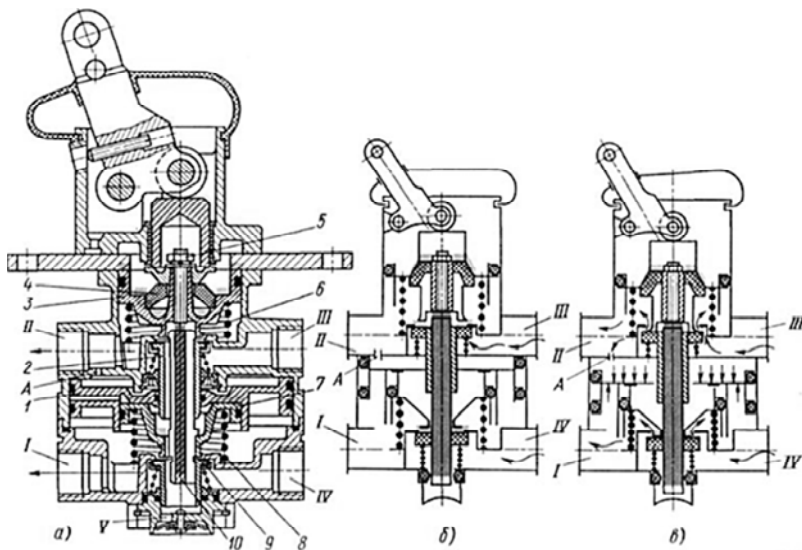


Рис. 1.9. Двухсекционный тормозной кран:  
*а* – расторможенное состояние; *б* – торможение;  
 1 – ускорительный поршень; 2 и 9 – клапаны;  
 3 и 7 – ступенчатые поршни; 4 – упругий элемент; 5 – шпилька;  
 6 и 8 – пружины ступенчатых поршней; 10 – толкатель;  
 А – канал



Рис. 1.10. Варианты исполнения двухсекционного тормозного крана



Рис. 1.11. Общий вид комбинированного двухсекционного тормозного крана

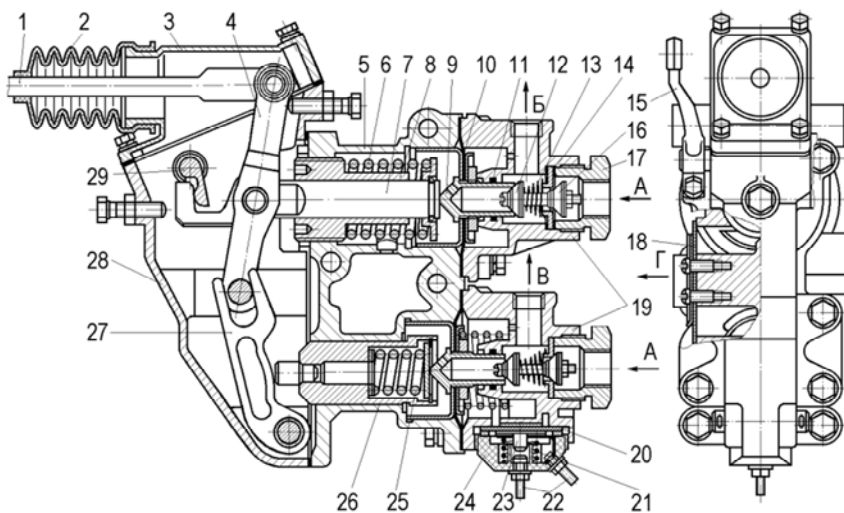


Рис. 1.12. Комбинированный двухсекционный тормозной кран:  
 1 – тяга привода; 2 – чехол; 3 – крышка; 4 – рычаг; 5 – корпус;  
 6, 13, 25 – пружины; 7 – шток; 8 – направляющая;  
 9 – седла выпускных клапанов; 10 – мембраны; 11 – резиновые уплотнения;  
 12 – выпускной клапан; 14 – седло впускного клапана;  
 15 – рычаг ручного привода; 16 – впускной клапан; 17 – штуцеры;  
 18 – пластинчатый атмосферный клапан; 19 – секции управления  
 тормозами тягача и прицепа; 20–24 – детали датчика торможения;  
 26 – стакан; 27 – рычаг привода секции трактора;  
 28 – корпус рычажного управляющего механизма; 29 – валик;  
 А – вход от ресивера; Б – выход в магистраль прицепа;  
 В – выход к тормозным камерам трактора; Г – выход в атмосферу

Тормозные краны прямого действия имеют от одной до трех секций, каждая из которых обслуживает свой контур.

Комбинированные краны имеют от двух до четырех секций, причем одна из них предназначена для непосредственного управления тормозной системой прицепа.

Кроме рассмотренных выше в передаточный механизм пневматического привода входят следующие приборы:

**1. Ускорительный клапан** (рис. 1.13), с помощью которого ускоряется впуск и выпуск сжатого воздуха в исполнительные органы, за счет сокращения длины магистрали впуска сжатого воздуха в исполнительные органы и выпуска его из них в атмосферу. Он состоит из управляющей камеры 2, поршня 3, выпускного I и впускного 4 клапанов и пружины 5 впускного клапана. К выводу III постоянно подается сжатый воздух из ресивера. Вывод IV соединен с ручным тормозным краном, вывод I – с полостями цилиндров пружинных энергоаккумуляторов, вывод II – с атмосферой.

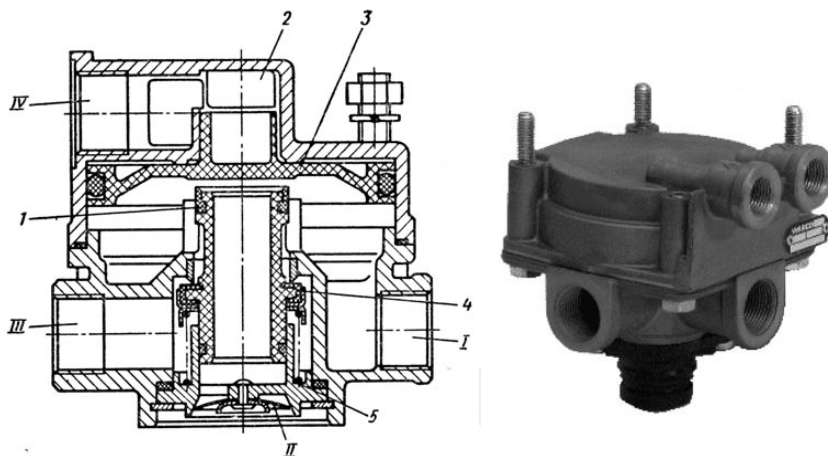


Рис. 1.13. Ускорительный клапан

2. Пневматические краны, используемые в качестве органа управления пневматическими приводами вспомогательных тормозных систем, например, **кран управления вспомогательным тормозом и кран аварийного растормаживания стояночного тормоза** (рис. 1.14).

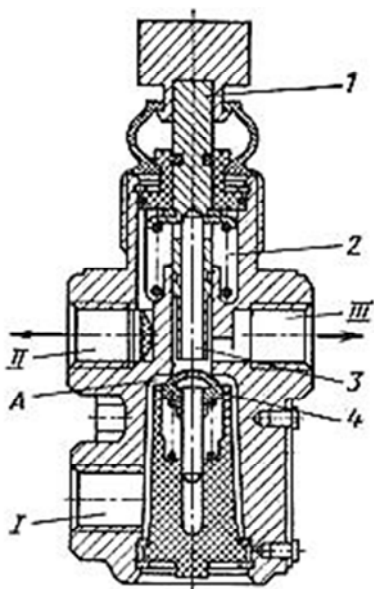


Рис. 1.14. Кран управления вспомогательным тормозом и кран аварийного растормаживания стояночного тормоза

Сжатый воздух через вывод I поступает в полость A под впускным клапаном 4. При нажатии на кнопку толкателя 1 впускной клапан 4 открывается, а канал 3 в толкателе закрывается, и воздух через выход III поступает в исполнительный механизм. При отпускании кнопки под действием пружины 2 толкатель 1 возвращается в верхнее положение, а впускной клапан 4 закрывается. Из исполнительного механизма воздух начинает выходить в атмосферу через отверстия в толкателе 1 и вывод II.

3. **Воздухораспределительные клапаны** управления тормозным пневмоприводом прицепов и полуприцепов (рис. 1.15). Используются для управления тормозным приводом прицепного состава и приводятся в действие от клапана (крана) управления тормозами прицепа, установленного на тягаче. В зависимости от типа привода прицепа воздухораспределитель может быть однопроводным, двухпроводным и комбинированным.

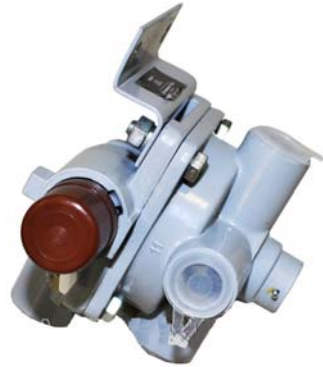
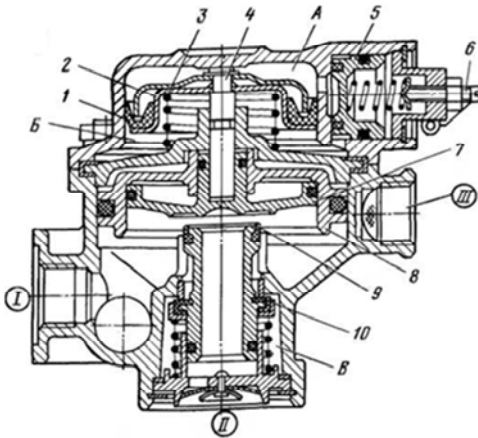


Рис. 1.15. Комбинированный воздухораспределитель КамАЗ:

I – выход в тормозные камеры; II – атмосферный выход;

III – вход от управляющей магистрали двухпроводного привода;

1 – манжета; 2 – поршень; 3 – пружина; 4 – шток; 5 – уравнивательный клапан;

6 – регулировочный винт; 7 – малый следящий поршень;

8 – большой следящий поршень; 9 – выпускной клапан; 10 – впускной клапан

4. Пневматические краны, используемые в качестве **органа управления пневмоприводами стояночной или запасной тормозных систем** (рис. 1.16, 1.17). Ручной кран управления стояночным тормозом обратного действия служит для привода ускорительного клапана и клапана управления тормозами прицепа с двухпроводным приводом, срабатывающим при выпуске сжатого воздуха. При помощи этого крана водитель может управлять стояночной тормозной системой и использовать ее для притормаживания автомобиля во время движения (рис. 1.16).

5. **Двухмагистральный клапан** (рис. 1.18), в котором выходная магистраль соединяется с одной из двух входных.

6. **Челночный клапан** (рис. 1.19), предназначенный для исключения одновременной подачи сжатого воздуха от нескольких приводов к одному исполнительному механизму.

7. **Защитный клапан** тягача, отключающий тормозной привод прицепа при падении давления в питающей магистрали. Защитный клапан может иметь автоматическое и ручное управление – разобщительный кран (рис. 1.20, 1.21).

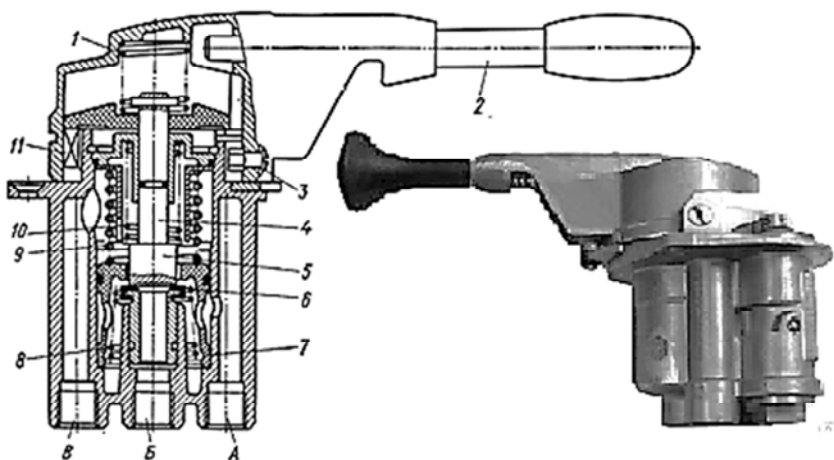


Рис. 1.16. Ручной кран управления стояночной тормозной системой автомобилей КамАЗ, КрАЗ и МАЗ:

- 1 и 10 – пружины штока; 2 – рукоятка; 3 – фиксатор; 4 – шток; 5 – седло;  
 6 – выпускной клапан; 7 – поршень; 8 – пружина выпускного клапана;  
 9 – уравновешивающая пружина; 11 – кулачок;  
 А – отверстие для связи с пневматической системой;  
 Б – отверстие для связи с атмосферой;  
 В – отверстие для связи с магистралью ускорительного клапана

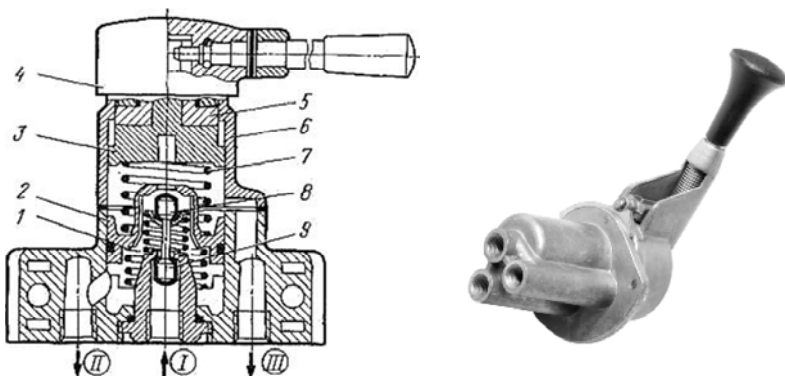


Рис. 1.17. Ручной кран прямого действия:

- I – вход от ресивера; II – выход к клапану управления тормозами прицепа; III – выход в атмосферу;  
 1, 7 – пружины; 2 – поршень; 3, 5 – кулачки; 4 – рукоятка; 6 – корпус;  
 8 – выпускной клапан; 9 – впускной клапан

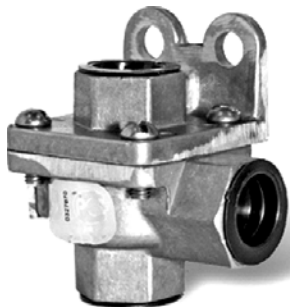
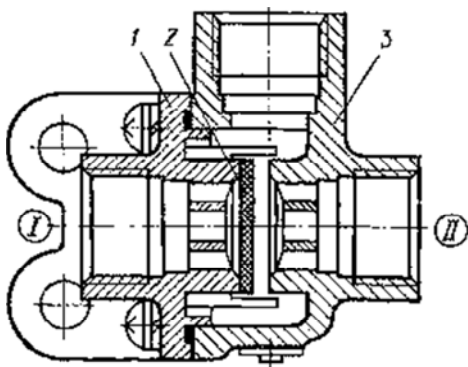


Рис. 1.18. Двухмагистральный клапан с мембраной:  
 I, II – входы сжатого воздуха; III – выход сжатого воздуха;  
 1 – крышка; 2 – мембрана; 3 – корпус

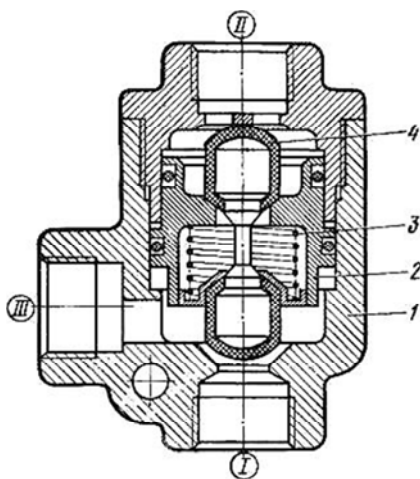


Рис. 1.19. Челночный клапан с ограничением давления:  
 I – вход от магистрали однопроводного привода;  
 II – вход от питающей магистрали двухпроводного привода;  
 III – выход к воздухораспределителю прицепа;  
 1 – корпус; 2 – ступенчатый поршень; 3 – пружина; 4 – клапан



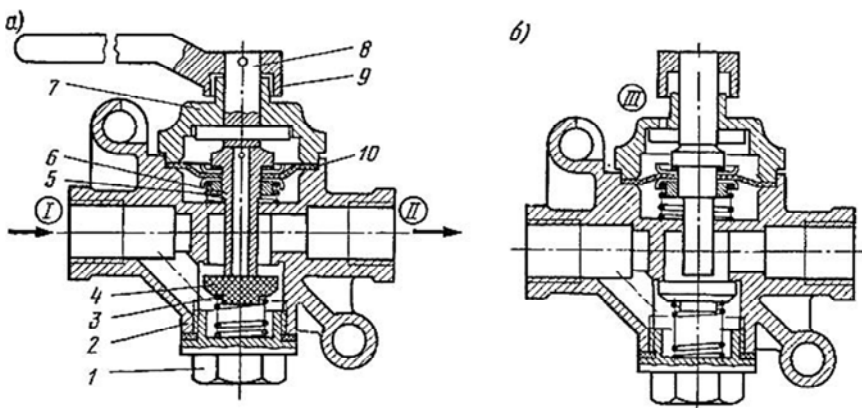


Рис. 1.20. Разобшительный кран в открытом (а) и закрытом (б) положениях:

I – вход сжатого воздуха;

II – выход к соединительной головке;

III – выход в атмосферу;

1 – пробка; 2 – корпус; 3, 5 – пружины; 4 – клапан; 6 – шток;

7 – крышка; 8 – толкатель; 9 – рукоятка; 10 – мембрана



Рис. 1.21. Общий вид разобшительного крана

8. **Соединительные головки** (рис. 1.22, 1.23), обеспечивающие герметичную быстроразъемную связь тормозных магистралей прицепа и тягача.

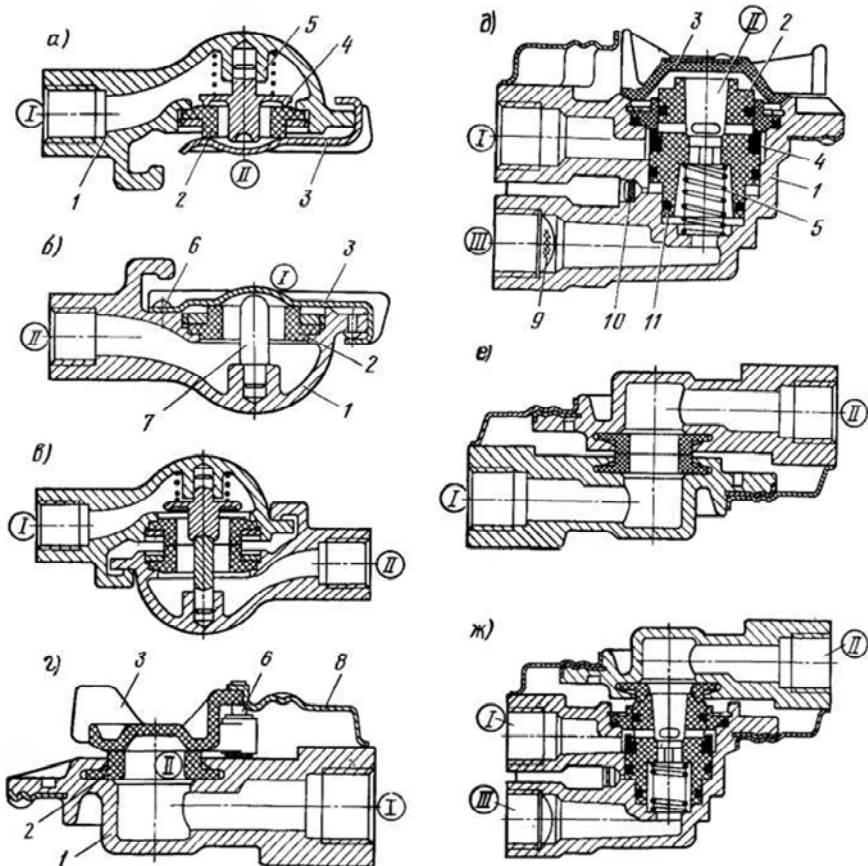


Рис. 1.22. Соединительные головки пневмопривода:  
*а* – типа А; *б* – типа Б; *в* – соединение головок однопроводного привода;  
*г* – типа «ПАЛМ»; *д* – автоматическая типа «ПАЛМ»;  
*е, ж* – соединение головок двухпроводного привода;  
 I – вход сжатого воздуха; II – выход сжатого воздуха;  
 III – дополнительный выход сжатого воздуха;  
 1 – корпус; 2 – уплотнитель; 3 – крышка; 4 – клапан; 5 – пружина;  
 6 – ось крышки; 7 – упор; 8 – направляющая;  
 9, 10 – фильтры; 11 – корпус клапана

Исполнительными органами современного пневматического тормозного привода служат тормозные камеры или тормозные цилиндры, преобразующие давление сжатого воздуха в приводную силу

какого-либо механизма, обслуживаемого пневмоприводом (тормозные цилиндры, камеры, пневмопереходники и т. д.).



Рис. 1.23. Соединительные головки пневмопривода

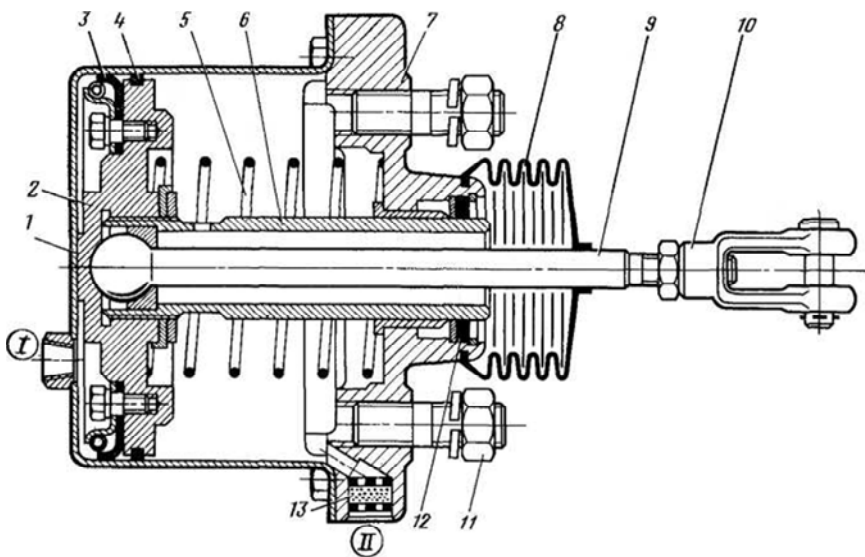


Рис. 1.24. Тормозной цилиндр КрАЗ:

- I – вход сжатого воздуха; II – вентиляционный выход;  
 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – манжета; 4 – уплотнительное кольцо;  
 5 – пружина; 6 – направляющая поршня; 7 – крышки цилиндра;  
 8 – защитный чехол; 9 – шток; 10 – вилка; 11 – шпилька с гайкой;  
 12 – сальник; 13 – фильтр



Рис. 1.25. Тормозной цилиндр автомобиля КраЗ

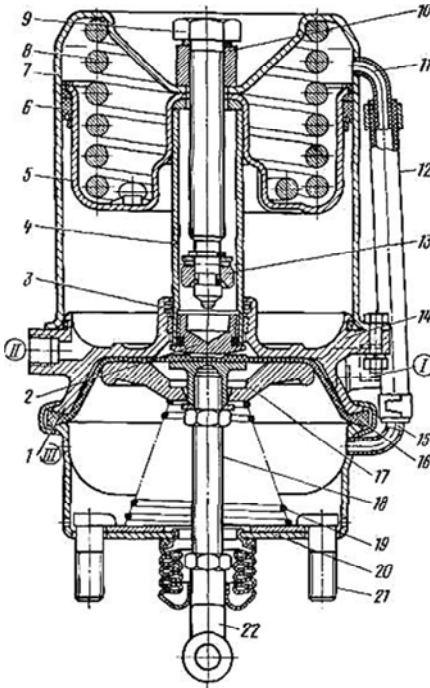


Рис. 1.26. Тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором:

I, II – вход сжатого воздуха; III – вентиляционный выход;

- 1 – корпус; 2 – подпятник; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – толкатель; 5 – поршень;
- 6 – уплотнение поршня; 7 – цилиндр энергоаккумулятора; 8 – силовая пружина;
- 9 – винт механического растормаживания; 10 – упорная гайка; 11 – патрубок цилиндра;
- 12 – дренажная трубка; 13 – упорный подшипник; 14 – фланец;
- 15 – патрубок тормозной камеры; 16 – мембрана; 17 – опорный диск; 18 – шток;
- 19 – возвратная пружина; 20 – крышка камеры; 21 – болт; 22 – вилка

Конструкция пневмопереходника приведена на рис. 2.1 и 2.2.

Регулировка питающей части пневматического привода тормозной системы заключается в настройке регулятора давления на рабочий диапазон давления, устанавливаемого в ресиверах в пределах 0,65...0,8 МПа. При верхнем пределе срабатывает регулятор давления и происходит разгрузка компрессора, а при нижнем пределе происходит повторное срабатывание регулятора и нагнетаемый воздух снова нагнетается в ресиверы пневмосистемы. Установка давления в пневмосистеме осуществляется регулировочным винтом, расположенным непосредственно на верхней крышке регулятора давления. Контроль давления осуществляется по образцовому манометру, установленному в ресивере трактора (автомобиля или троллейбуса).

Привод тормозного крана должен быть оборудован таким образом, чтобы обеспечивать давление в соединительной магистрали прицепа не менее 0,49 МПа для однопроводного привода и не менее 0,64 МПа в питающей магистрали для двухпроводного привода.

При максимальном ходе тормозной педали давление в соединительной магистрали прицепа должно падать до нуля для однопроводного привода и нарастать до величины не менее 0,59 МПа в управляющей магистрали двухпроводного привода.

### **Порядок выполнения работы**

1. Используя разрезные узлы, планшеты, чертежи, плакаты, изучить устройство, работу и регулировку пневматического тормозного привода автомобилей, тракторов и прицепов.

2. По указанию преподавателя вычертить функциональную схему пневмоаппаратов тормозных систем (рис. 1.9).

3. Используя стенд пневматического привода тормозной системы тракторного поезда, отрегулировать давление в питающем и исполнительных контурах привода.

### **Содержание отчета**

1. Краткое описание устройства и работы отдельных узлов и всей системы пневматического тормозного привода.

2. Эскизы отдельных деталей и узлов тормозного привода.

3. Описание и результаты проведенных на стенде работ и регулировок.

## Контрольные вопросы

1. Назначение и работа компрессора, влагомаслоотделителя и регулятора давления.
2. Какие посторонние потребители сжатого воздуха у трактора и автомобиля (троллейбуса)?
3. Что такое комбинированный тормозной кран?
4. Как работает пневмопереходник трактора?
5. Особенности тормозного привода автомобиля КаМАЗ.
6. Как отрегулировать давление в пневматической системе привода тормозов прицепа, установленной на тракторе МТЗ-80?
7. Назначение регулятора тормозных сил.
8. Как осуществить у трактора МТЗ-80 отбор воздуха для накачки шин?
9. Особенности тормозного привода троллейбуса.

## Лабораторная работа № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МЕМБРАННЫХ СИЛОВЫХ УСТРОЙСТВ

**Цель работы:** изучить устройство и работу мембранных силовых устройств и получить практические навыки по исследованию рабочих процессов пневматического переходника.

**Оборудование:** стенд для снятия характеристик пневмопереходника; динамометр сжатия ДС-3 с индикатором; мерная линейка; плакаты мембранных силовых устройств.

#### Общие сведения

Мембраны являются одним из основных элементов пневматических приборов и предназначены для преобразования перепада давлений в механические перемещения. К мембранным силовым устройствам относятся тормозные камеры и пневмопереходники, которые широко применяются в пневматических тормозных приводах мобильных машин.

Конструкция пневмопереходника, применяемого на тракторах семейства «Беларус», приведена на рис. 2.1.

При торможении сжатый воздух из полости Б через отверстие в штуцере 5 выходит в соединительную магистраль, тормозной кран и в атмосферу. Давление в полости Б падает.

Под действием давления сжатого воздуха, поступающего в полость А из ресивера, диафрагма 8 перемещает диск 9 со штоком 11, который, воздействуя на поршень главного тормозного цилиндра прицепа, затормаживает его.

При растормаживании сжатый воздух из ресивера через тормозной кран трактора подается в полость Б, и диафрагма с диском и штоком под действием возвратной пружины 3 и сжатого воздуха перемещается в исходное положение, растормаживая прицеп.

Снятие статических характеристик пневмопереходников и тормозных камер производится на специальном стенде (рис. 2.3). Стенд содержит ресивер 1, манометр ресивера 2, редуктор давления 3, пневмопереходник 4, образцовый манометр пневмопереходника 5, рамку

нагрузочного устройства 6, динамометр сжатия 7, винт нагрузочного устройства 8. Стенд смонтирован на плите и запитывается сжатым воздухом от компрессора установки, имитирующей тормозную систему двухзвенного тракторного поезда.

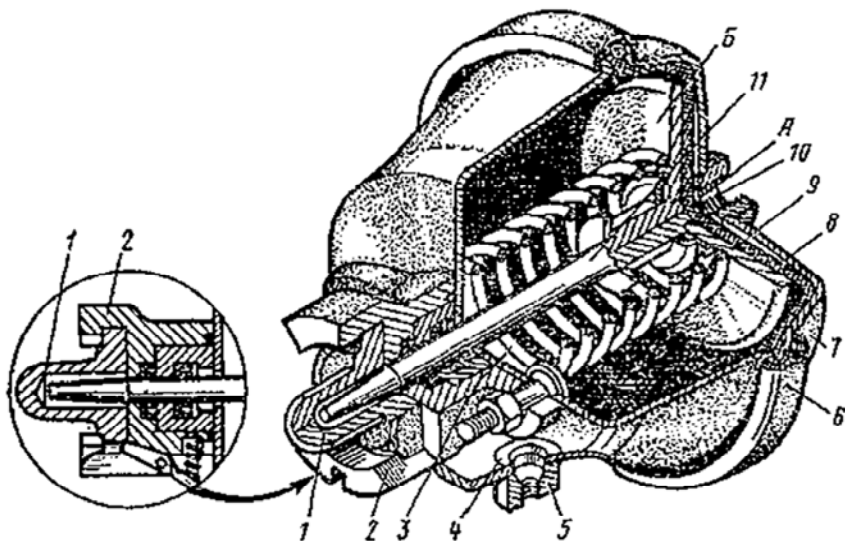


Рис. 2.1. Конструкция пневмопереходника тракторов «Беларус»:  
 1 – заглушка; 2 – седло; 3 – пружина; 4 – корпус; 5, 10 – штуцеры;  
 6 – стяжной хомут; 7 – крышка корпуса; 8 – диафрагма; 9 – диск; 11 – шток;  
 А, Б – полости



Рис. 2.2. Общий вид пневмопереходника



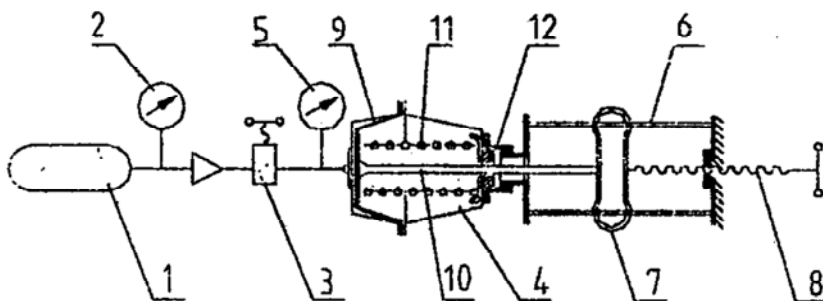


Рис. 2.3. Схема стенда для снятия характеристик пневматического переходника

Испытываемый пневмопереходник обеспечивает агрегатирование тягача (трактора) с прицепами, имеющими гидравлический привод к тормозным механизмам. Пневмопереходник устанавливается непосредственно на тракторе и управляется тормозным краном. Пневмопереходник (рис. 2.2) представляет собой пневматическую камеру, в которой находится диафрагма (мембрана) 9, шток 10, возвратная пружина 11, седло 12 тормозного гидроцилиндра.

Статическая характеристика пневмопереходника характеризует зависимость усилия на штоке от давления в камере пневмопереходника. Линейная зависимость этих параметров способствует улучшению следящего действия тормозного привода прицепа. Снятие статической характеристики необходимо производить при различном положении диафрагмы (т. е. штока 10), так как она изменяется в зависимости от эффективной площади диафрагмы. При значительном ходе штока пневмопереходника эффективная площадь диафрагмы будет уменьшаться за счет ее выстилания, а, следовательно, изменяется и статическая характеристика пневмопереходника.

Усилие на штоке пневмопереходника замеряется образцовым динамометром ДС-3 с пределами измерения 0–3000 кН. Замер усилий производится при давлениях в пневматической камере 0,65 МПа, 0,5 МПа, 0,35 МПа для различного хода штока пневмопереходника. Давление в пневматической камере пневмопереходника устанавливается редуктором по образцовому манометру, а ход штока ограничивается винтом нагрузочного устройства. Все замеряемые параметры заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

## Результаты испытаний

| Ход штока<br>пневмопереходника<br>$Z$ , мм | Усилие на штоке пневмопереходника $Q$ (кН)<br>при давлении на входе пневмопереходника<br>$P$ (МПа) |    |     |    |      |    |
|--|--|----|-----|----|------|----|
|  | 0,65   |    | 0,5 |    | 0,35 |    |
|  | мм   | кН | мм  | кН | мм   | кН |
| 0  |  |    |     |    |      |    |
| 5  |  |    |     |    |      |    |
| 10   |  |    |     |    |      |    |
| 15   |  |    |     |    |      |    |
| 20   |  |    |     |    |      |    |
| 25   |  |    |     |    |      |    |
| 30   |  |    |     |    |      |    |
| 35   |  |    |     |    |      |    |
| 40   |  |    |     |    |      |    |
| 45   |  |    |     |    |      |    |

По полученным значениям строят статическую характеристику  $Q = f(P)$  при различном ходе штока пневмопереходника (тормозной камеры), а также силовую характеристику  $Q = f(Z)$  при различном давлении на входе пневмопереходника. Примеры показаны на рис 2.2 и 2.3.

**Порядок выполнения работы**

1. Провести внешний осмотр стенда и ознакомиться с его работой.
2. Установить шкалы манометров на нулевую отметку.
3. Включить электродвигатель привода компрессора, стенда, имитирующего тормозную систему тракторного поезда.
4. Через 5–6 минут после пуска электродвигателя убедиться по манометру ресивера нижней секции стенда в наличии давления в пределах 0,6–0,7 МПа.
5. Установить редуктором в магистрали управления по образцовому манометру 5 давление 0,65 МПа.
6. Установить винтом нагрузочного устройства ход штока по мерной линейке в первое положение и показания индикатора динамометра занести в таблицу.

7. Повторить пункт 6 для всех указанных в таблице ходов штока 10.
8. Установить редуктором в магистрали управления по образцовому манометру 5 давление 0,5 МПа, 0,35 МПа и повторить пункты 6 и 7.
9. Выключить электродвигатель компрессора.
10. Убрать рабочее место.

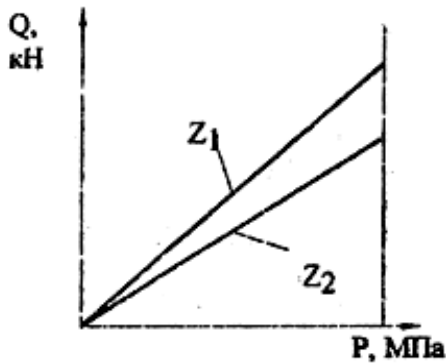


Рис. 2.4. Статическая характеристика пневмопереходника

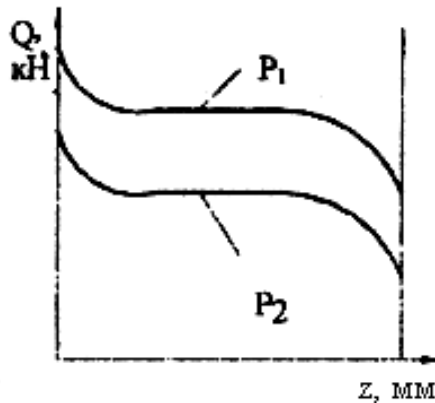


Рис. 2.5. Силовая характеристика пневмопереходника

### Содержание отчета

1. Краткое описание проводимых опытов.

2. Схема стенда для снятия характеристик пневмопереходника.
3. Таблица результатов испытаний.
4. Статическая характеристика пневмопереходника при минимальном и максимальном ходе штока.
5. Силовая характеристика пневмопереходника при различном давлении на входе.
6. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение мембранных силовых устройств и область их применения.
2. Устройство пневмопереходника.
3. Основные элементы установки для исследования характеристик пневмопереходника.
4. Порядок снятия статической и силовой характеристик мембранных силовых устройств.
5. Какие факторы влияют на линейность статической и силовой характеристик пневмопереходника?
6. Практическое применение полученной силовой характеристики.

## Лабораторная работа № 3

### СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом работы регулятора тормозных сил. Научиться экспериментально определять его статическую характеристику.

**Оборудование:** стенд для определения характеристики регулятора тормозных сил, макет регулятора тормозных сил, плакаты.

#### Общие сведения

Для обеспечения рационального использования сцепного веса транспортного средства (трактора, автомобиля, прицепа, троллейбуса), оборудованного пневматическим приводом тормозов, необходимо осуществление регулирования тормозных сил на его мостах. Данная задача с определенной точностью решается регуляторами тормозных сил. Эти приборы устанавливаются в переднем, заднем или обоих контурах тормозного привода и регулируют давление воздуха в тормозных камерах моста в зависимости от приходящейся на него нагрузки, создавая условия торможения без блокирования колес, что препятствует заносу транспортного средства. Таким образом, регуляторы тормозных сил в значительной степени влияют на эффективность торможения (максимально возможная тормозная сила реализуется лишь при сохранении качения колеса) и на устойчивость движения транспортного средства (снижается вероятность юза колес).

Типичным устройством, имеющим лучевую характеристику, является регулятор тормозных сил, конструкция которого показана на рис. 3.1. Общий вид лучевого регулятора тормозных сил приведена на рис. 3.2.

Регулятор устанавливается на раме транспортного средства, а его рычаг 4 через упругий элемент соединяется с передним или задним мостом. У полностью груженого транспортного средства рычаг 4 находится в верхнем положении. На сферическую головку рычага опирается шток 3. Его положение полностью определяется положением рычага 4, а, следовательно, нагрузкой, приходящейся на мост.

При торможении сжатый воздух через вход I поступает в пространство над поршнем 2 и начинает его перемещать. Одновременно с помощью трубки 9 давление создается под плунжером 7, который обеспечивает надежный контакт штока 3 и рычага 4. Совместно с поршнем 2 движется и клапан 1. Сначала он перекрывает атмосферное отверстие в штоке 3, а затем отрывается от своего седла, пропуская сжатый воздух через выход II к тормозным камерам.

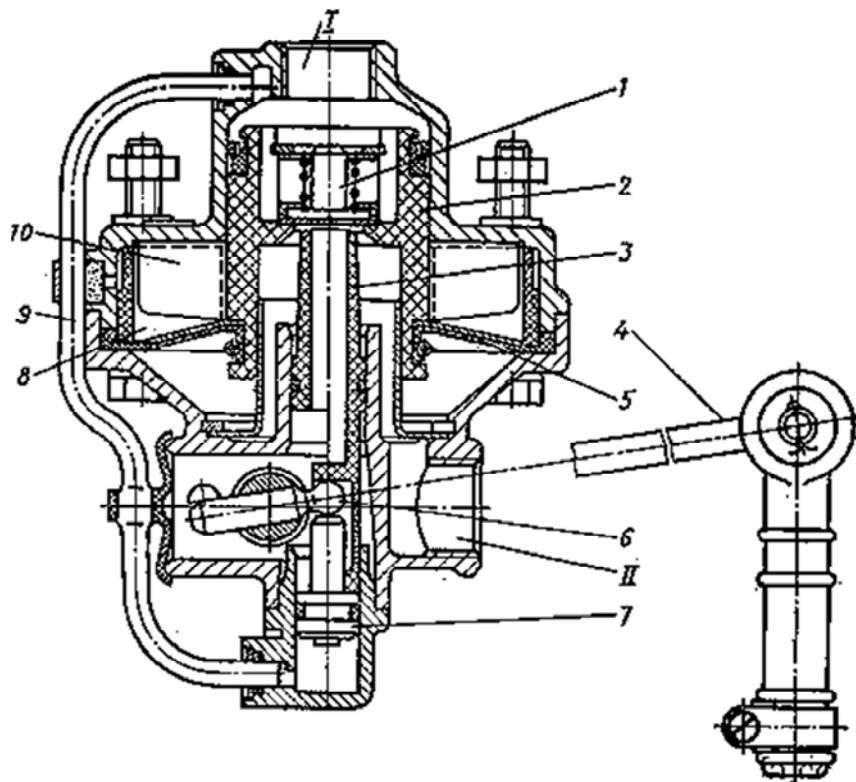


Рис. 3.1. Регулятор тормозных сил

Сжатый воздух попадает также в полость под диафрагму 5, прикрепленную к поршню 2, и оказывает на нее давление, направленное против хода поршня. После того как давление на входе и выходе регулятора устанавливается, сила, приложенная к поршню 2 сни-

зу, оказывается несколько большей, и он поднимается до тех пор, пока клапан 1 не закроется. Теперь давление на входе и выходе регулятора одинаково, что и требуется для полностью нагруженного транспортного средства.



Рис. 3.2. Общий вид лучевого регулятора тормозных сил для пневмопривода

У частично груженого или порожнего транспортного средства угол поворота рычага 6 будет другим и шток 3 устанавливается ниже, а, следовательно, при нарастании давления поршень будет совершать большой ход.

С наружной стороны поршня имеются радиальные ребра 10, расположенные в пространстве между аналогичными ребрами 8 корпуса регулятора. При полной нагрузке транспортного средства ребра 10 не выступают за ребра 8, и диафрагма 5 прижимается только к последним, не передавая усилия на поршень 2. В других весовых состояниях ребра 10 выступают тем больше, чем больше рабочий ход поршня 2. Таким образом, активная площадь диафрагмы 5 зависит от положения штока 3, т. е. от нагрузки на мост. Чем больше активная площадь, тем при меньшем давлении под диафрагмой закроется клапан 1. Для каждого положения штока коэффициент передачи будет иным.

При растормаживании все элементы регулятора возвращаются в исходное положение и сжатый воздух из тормозных камер через штуцер 7 и отверстие в штоке 4 уходит в атмосферу, отгибая края резинового клапана 9.

## Экспериментальная установка для снятия статической характеристики регулятора тормозных сил

Статическая характеристика регулятора тормозных сил является исходной для определения его установочных параметров: угла начальной установки рычага регулятора; длины рычага регулятора. Статическая характеристика регулятора характеризует зависимость отношения давления на входе и выходе регулятора от угла поворота рычага 4.

Снятие статической характеристики осуществляется на специальном стенде, изготовленном на кафедре «Тракторы» (рис. 3.3).

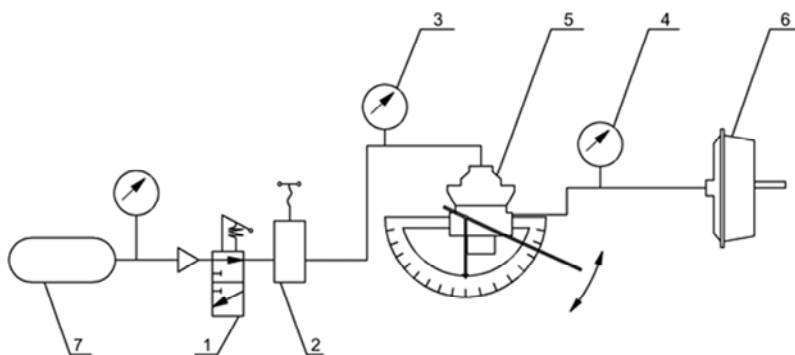


Рис. 3.3. Стенд для снятия характеристик регулятора тормозных сил

Стенд содержит разоблицительный кран 1, редуктор 2, образцовые манометры 3 и 4, регулятор тормозных сил 5, пневмокамеру 6, ресивер 7. Для определения угла поворота рычага регулятора установлено специальное устройство, содержащее неподвижно закрепленный на регуляторе транспортир и стрелку, укрепленную на вращающейся оси рычага регулятора.

### Порядок выполнения работы

1. Произвести внешний осмотр стенда для ознакомления с его устройством.
2. Установить шкалы манометров на нулевую отметку.
3. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью кнопки электромагнитного пускателя.



4. Через 5–6 минут после запуска электродвигателя включить разобщительный кран, убедиться в исправности стенда и в отсутствии утечки воздуха в соединительных магистралях установки.

5. Установить редуктором 2 давление на входе регулятора тормозных сил по манометру 3, равное 0,6 МПа.

6. Установить рычаг регулятора в крайнее нижнее положение и занести в табл. 3.1 показания манометра 4, установленного на выходе регулятора.

7. Поворачивать рычаг регулятора вверх и для каждого из 10-ти поворотов рычага занести в табл. 3.1 показания манометра 4.

8. Установить редуктором 2 давление на входе регулятора тормозных сил 0,5 МПа и повторить пункты 6 и 7.

9. Установить редуктором 2 давление на входе регулятора тормозных сил 0,4 МПа и повторить пункты 6 и 7.

10. Установить редуктором 2 давление на входе регулятора тормозных сил 0,2 МПа и повторить пункты 6 и 7.

11. Выключить электродвигатель компрессора.

12. Убрать рабочее место.

Таблица 3.1

### Результаты замера

| № | Угол установки рычага регулятора $\alpha$ , град | $P_1 = 0,6$<br>МПа | $P_1 = 0,5$<br>МПа | $P_1 = 0,4$<br>МПа | $P_1 = 0,2$<br>МПа |
|---|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   |  |                    |                    |                    |                    |

### Содержание отчета

1. Краткое описание устройства и принципа работы регулятора тормозных сил.

2. Схема установки для снятия статической характеристики регулятора тормозных сил.

3. Краткое описание порядка проведения опытов.

4. Таблица замеров результатов испытаний.

5. Построить статическую характеристику регулятора тормозных сил  $P_2 = f(P_1)$  при каждом значении угла поворота рычага  $\alpha$ . (Образец характеристики показан на рис. 3.4).

6. Выводы.

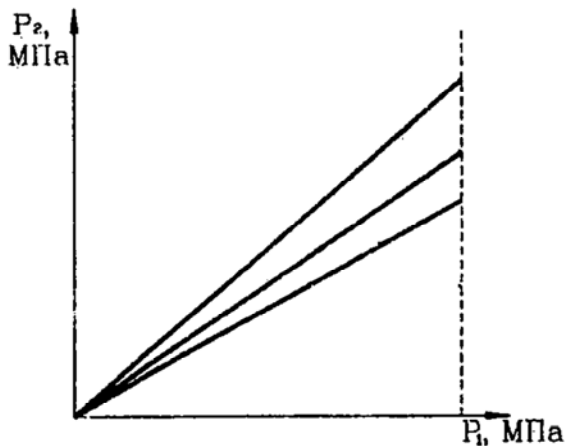


Рис. 3.4. Статическая характеристика регулятора тормозных сил

### Контрольные вопросы

1. Какие основные элементы содержит регулятор тормозных сил?
2. Принцип работы регулятора тормозных сил.
3. Основные элементы экспериментальной установки для снятия статической характеристики регулятора тормозных сил.
4. Где применяется регулятор тормозных сил и каково его назначение?
5. Что такое статическая характеристика регулятора тормозных сил?
6. Порядок снятия статической характеристики регулятора тормозных сил.

## Лабораторная работа № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом работы регулятора давления пневматического привода и научиться экспериментально определять его характеристики.

**Оборудование:** стенд для снятия характеристик регулятора давления, чертежи, плакаты.

#### Общие сведения

Комбинированный регулятор давления объединяет в себе регулятор давления, влагомаслоотделитель с автоматическим выбросом конденсата, предохранительный клапан, кран отбора воздуха и обратный клапан. Он используется в пневматической системе привода тормозов тракторов, автомобилей, прицепов и выполняет следующие функции:

- автоматически поддерживает в пневматической системе давление сжатого воздуха в пределах 0,65...0,80 МПа;

- отделяет от воздуха частицы воды и масла, а также очищает воздух от механических частиц и автоматически выбрасывает собранный конденсат;

- в случае выхода из строя регулятора давления ограничивает предельное давление воздуха в пневмосистеме величиной  $0,90 \pm \pm 0,05$  МПа, задаваемой настройкой предохранительного клапана;

- при неработающем компрессоре, а также в случае потери герметичности нагнетательной магистрали компрессора благодаря обратному клапану предохраняет пневмосистему от потери сжатого воздуха;

- обеспечивает через кран отбора воздуха вспомогательные операции: накачивание шин, привод стеклоочистителя и т. д.

#### Устройство и работа комбинированного регулятора давления МТЗ

Комбинированный регулятор давления показан на рис. 4.1 и представляет собой корпус, в который сверху установлен поршень /

с диафрагмой 2. На диафрагму действуют пружины 3, размещенные в верхнем корпусе регулятора. Необходимое усилие пружин устанавливается регулировочной крышкой 4.

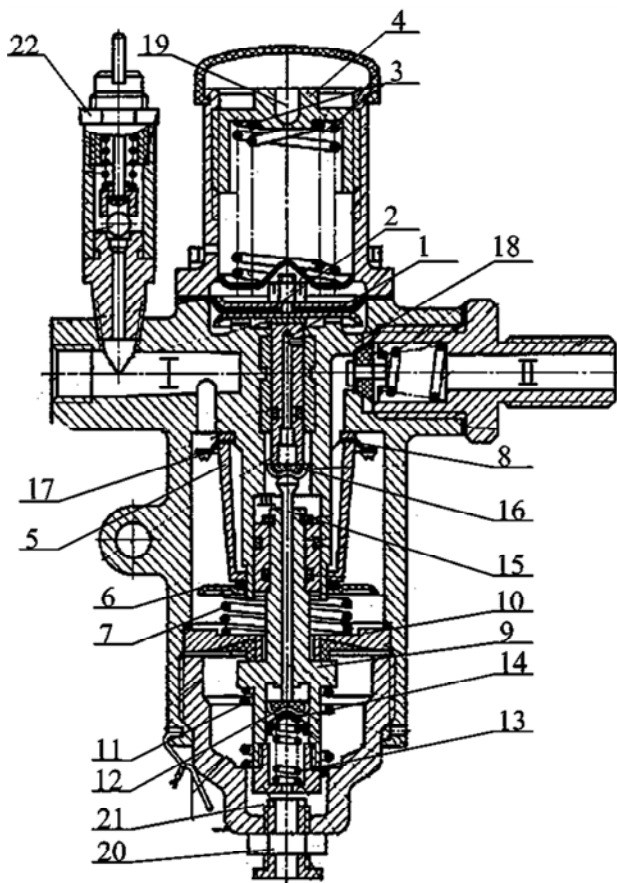


Рис. 4.1. Регулятор давления со схемой установки индикаторов

В полости I регулятора установлен фильтрующий элемент 5, который через отражатель 6 прижимается пружиной 7 к уплотнительной прокладке 8. Разгрузочный клапан 9 расположен в нижней крышке и прижимается к седлу 10 пружиной 11. Внутри разгрузочного клапана установлен атмосферный клапан 12 регулятора. Пру-

жина 13 воздействует на направляющую 14 через клапан 12, и шток 15 прижимает к седлу впускной клапан 16.

Комбинированный регулятор давления работает следующим образом. Сжатый воздух от компрессора поступает в полость I регулятора. Проходя через щели направляющего стакана 17, поток воздуха получает вращательное движение. При этом мелкие частицы воды и масла, находящиеся в потоке воздуха во взвешенном состоянии, под действием центробежных сил отбрасываются на стенки корпуса. Эти частички собираются на стенках в капли, которые стекают вниз, в зону, отделенную от остальной части полости I отражателем 6.

Очищенный воздух, пройдя через фильтрующий элемент 5, отжимает обратный клапан 18 и через полость II поступает в ресивер. Сжатый воздух одновременно из полости II поступает под диафрагму 2 регулятора, которая под действием силы давления поднимается вверх, сжимая регулировочные пружины 3. Одновременно поднимаются вверх атмосферный клапан 12 и впускной клапан 16.

При достижении в полости II давления 0,80 МПа клапан регулятора 12 отсоединяет полость III от атмосферы, а клапан 16 открывается, и сжатый воздух из-под диафрагмы 2 поступает в полость III. Под действием давления воздуха разгрузочный клапан 9 опускается вниз и происходит разгрузка компрессора. При этом скопившийся конденсат автоматически выбрасывается в атмосферу, а обратный клапан 18 закрывается.

Общий вид регулятора давления приведен на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Общий вид регулятора давления трактора

Снижение давления воздуха до 0,65 МПа приводит к тому, что диафрагма 2 и поршень регулятора 1 опускаются вниз, клапан 16 закрывается, а клапан 12 регулятора открывается. Сжатый воздух из полости III выходит в атмосферу, пружина 11 прижимает разгрузочный клапан 9 к седлу, и компрессор начинает подавать сжатый воздух в ресивер.

В случае неисправности регулятора давления при повышении давления в полости II до 0,90 МПа происходит открытие предохранительного клапана 22.

Регулировка пределов регулирования давления воздуха в пневматическом приводе производится путем заворачивания или отворачивания регулировочной крышки 4.

### **Снятие статических характеристик регулятора давления**

Статические характеристики регулятора давления характеризуют стабильность пределов регулирования давления в пневматической системе. Минимальная разность между верхним и нижним пределами регулирования должна быть не менее 0,04 МПа. При достижении давления в пневмосистеме до величины, равной верхнему пределу регулирования, регулятор соединяет нагнетательный патрубок компрессора с атмосферой, а при уменьшении давления до величины нижнего предела регулирования включает компрессоры на накачивание воздуха в ресивер. За цикл работы регулятора принимается его работа между двумя очередными срабатываниями на верхнем пределе регулирования.

Снятие статических характеристик осуществляется на специальном стенде (рис. 4.3), который содержит компрессор 1, регулятор 2, ресивер 3, редуктор 4, двухходовой кран 5, баллон 6, кран 7, манометры 8 и 9.

Для снятия статических характеристик на регулятор дополнительно установлены следующие детали (рис. 4.1):

- для замера перемещения диафрагмы 2 к шайбе центрирующей приварен шток 19, проходящий через отверстие, просверленное в крышке регулировочной 4;
- для замера перемещения атмосферного клапана 12 к направляющей клапана припаян шток 20;

– для замера перемещения разгрузочного клапана 9 к пробке приварен полый штوك 21.

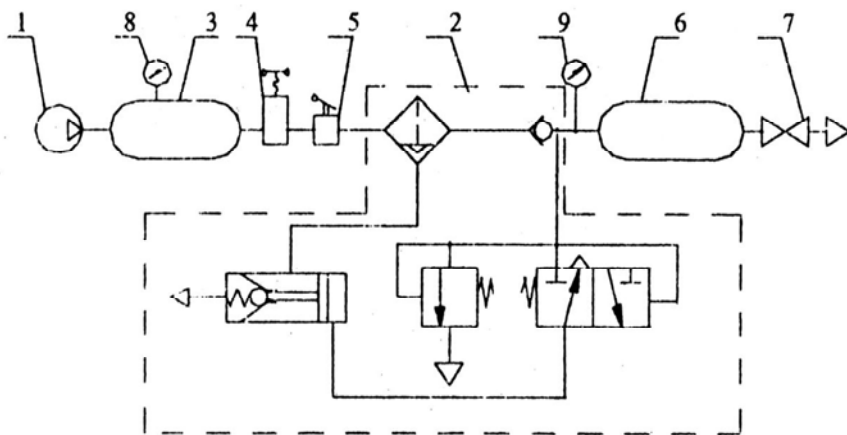


Рис. 4.3. Стенд для снятия статических характеристик регулятора давления

Перемещение диафрагмы атмосферного и разгрузочного клапанов измерялось индикаторами с ценой деления 0,01 мм при различном давлении в баллоне 6 (рис. 4.3) Давление в баллоне 6 устанавливалось редуктором 5 по образцовому манометру 9. Все измеряемые параметры заносятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Таблица для занесения результатов испытаний

| Давление в баллоне, МПа |           | Ход диафрагмы $X_d$ , мм |           | Ход атмосферного клапана $X_{AK}$ , мм |           | Ход разгрузочного клапана $X_{PK}$ , мм |           |
|-------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--|-----------|---|-----------|
| Нагрузка                | Разгрузка | Нагрузка                 | Разгрузка | Нагрузка                               | Разгрузка | Нагрузка                                | Разгрузка |
| 0                       | 0,72      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,1                     | 0,7       |                          |           |  |           |   |           |
| 0,2                     | 0,68      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,3                     | 0,67      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,4                     | 0,66      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,5                     | 0,65      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,6                     | 0,64      |                          |           |  |           |   |           |

| Давление в баллоне, МПа |           | Ход диафрагмы $X_d$ , мм |           | Ход атмосферного клапана $X_{AK}$ , мм |           | Ход разгрузочного клапана $X_{PK}$ , мм |           |
|-------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--|-----------|---|-----------|
| Нагрузка                | Разгрузка | Нагрузка                 | Разгрузка | Нагрузка                               | Разгрузка | Нагрузка                                | Разгрузка |
| 0,62                    | 0,62      |                          |           |  |           |   |           |
| 0,66                    | 0,6       |                          |           |  |           |   |           |
| 0,68                    | 0,5       |                          |           |  |           |   |           |
| 0,7                     | 0,4       |                          |           |  |           |   |           |
| 0,72                    | 0,3       |                          |           |  |           |   |           |
| 0,74                    | 0,2       |                          |           |  |           |   |           |
| –                       | 0,1       |                          |           |  |           |   |           |
| –                       | 0         |                          |           |  |           |   |           |

### Порядок выполнения работы

1. Провести внешний осмотр стенда для ознакомления с его устройством.

2. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью кнопки электромагнитного пускателя.

3. Через 5–6 минут после пуска электродвигателя по манометру 8 ресивера 3 убедиться в наличии давления воздуха в пределах 0,65...0,75 МПа.

4. Установить ручку двухходового крана 5 в положение «открыто».

5. Редуктором 4 по манометру 9 установить давление, равное нулю, и установить все индикаторы поворотом шкалы на нулевое положение.

6. Установить редуктором 4 по манометру 9 давление в ресивере 6, равное 0,1 МПа. Занести значения ходов диафрагмы, атмосферного и разгрузочного клапанов в таблицу (показания индикаторов).

7. Повторить пункт 6 для всех значений давлений, приведенных в таблице, как для нагрузки, так и для разгрузки.

8. Выключить электродвигатель.

9. Убрать рабочее место.

### Содержание отчета

1. Схема стенда для снятия статических характеристик регулятора давления.

2. Краткое описание устройства регулятора давления.



3. Методика снятия статических характеристик регулятора давления.

4. Таблица замеров результатов испытаний.

5. Графики зависимостей  $X_D = f(P)$ ,  $X_{AK} = f(P)$ ,  $X_{PK} = f(P)$ . (Образец полученных на стенде характеристик показан на рис. 4.4).

6. Выводы.

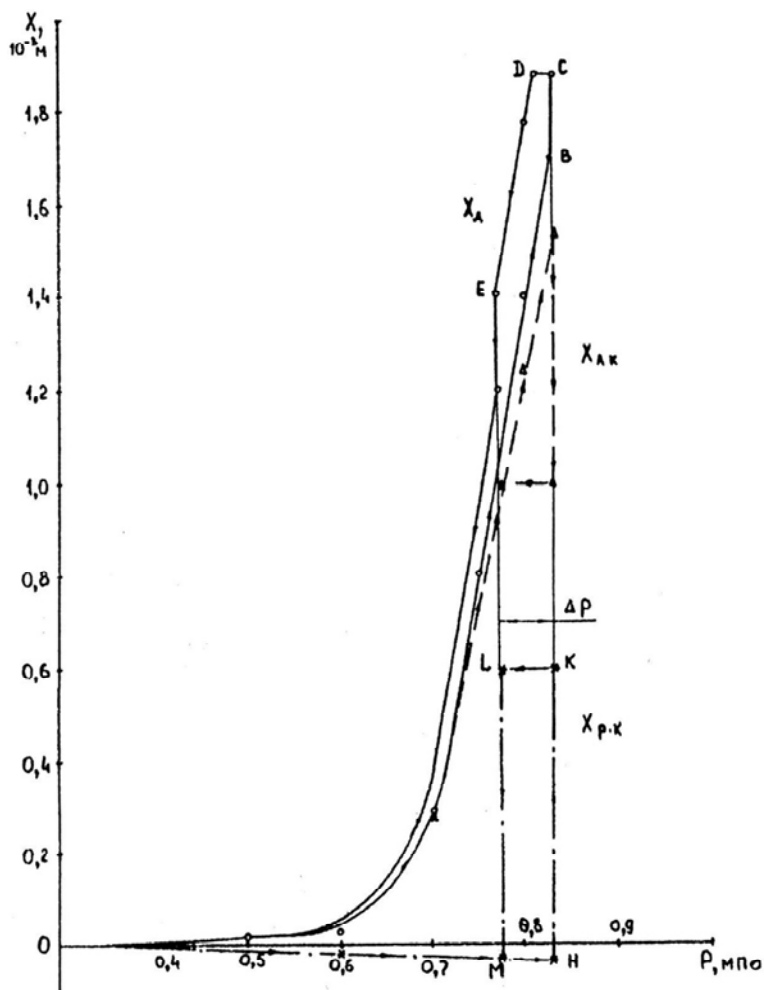


Рис. 4.4. Статические характеристики регулятора давления

## Контрольные вопросы

1. Назначение регулятора давления.
2. Устройство регулятора давления.
3. Какие признаки неисправности регулятора давления?
4. Какие функции выполняет комбинированный регулятор давления?
5. Что характеризуют статические характеристики регулятора?
6. При каких значениях давления происходит открытие и закрытие разгрузочного клапана?
7. Давление настройки предохранительного клапана.

## Лабораторная работа № 5

# ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТОРМОЗОВ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

**Цель работы:** изучить методику оценки следящего действия тормозного привода тракторного поезда по его статическим характеристикам.

**Оборудование:** стенд, имитирующий пневматический тормозной привод тракторного поезда (МТЗ-100 + 2ПТС-4), манометры, мерная линейка.

### Общие сведения

Следящее действие пневматического привода обеспечивается пневмоаппаратами, имеющими следящие механизмы.

Следящим механизмом называется элемент аппарата пневматического привода, обеспечивающий заданный закон изменения выходного давления как функции входного воздействия, представленного в виде давления, силы или перемещения.

Следящий механизм состоит из упругого элемента, создающего усилие в соответствии с подведенным управляющим сигналом, и чувствительного элемента, на активную площадь которого воздействует выходное давление, корректируя управляющий сигнал. В качестве упругого элемента обычно используется пружина сжатия, а чувствительный элемент следящего механизма выполняется диафрагменным или поршневым.

Следящее действие пневматического привода оценивается по его статическим характеристикам, которые характеризуют изменение давления в исполнительных органах привода от усилия на органе управления (хода педали) при медленном и плавном нарастании этого усилия. Работу следящего пневматического привода можно исследовать на специальном стенде, имитирующем работу пневматической тормозной системы тракторного поезда, разработанного на кафедре «Тракторы».

Характеристика стенда. Стенд предназначен для исследования статических и динамических характеристик пневматического привода тракторного поезда, который устанавливается на перспектив-

ных тракторах МТЗ-100/102 и прицепах 2ПТС-4. Стенд состоит из двух передвижных оснований. На первом основании установлены узлы и агрегаты пневматического тормозного привода трактора, а также на боковых стойках основания крепятся дисковые тормозные механизмы прямого действия. На втором основании установлены узлы и агрегаты тормозных систем прицепов. Давление воздуха в тормозном приводе трактора должно соответствовать нормативным данным и находиться в пределах 0,65...0,80 МПа.

Пневматическая тормозная система трактора (рис. 5.1) содержит компрессор 1, кран отбора воздуха 2, регулятор давления (встроенный в компрессор), кран слива конденсата 3, ресивер 4, соединительные трубопроводы 5, разобщительный кран 6, двухсекционный тормозной кран 7, тормозные камеры 8. Тормозной привод трактора обеспечивает торможение прицепа по однопроводной схеме.

Пневматический привод прицепа соединен с трактором по однопроводной схеме и содержит питающую (управляющую) магистраль 9, воздухораспределительный клапан 10, ресивер 11, тормозные камеры 12, соединительные трубопроводы 13.

Приборы и аппаратура. Для визуального наблюдения за изменением давления воздуха установлены манометры: в ресиверах трактора и прицепа, в тормозных камерах трактора и прицепа, на входе воздухораспределительного клапана.

Величина хода тормозных педалей замеряется по установленной мерной линейке 14. Весь ход педали разбивается на 8 равных интервалов, для которых замеряются давления во всех указанных выше местах.

Обработка результатов эксперимента. Замеряемые параметры: ход тормозной педали  $S_{п}$ , давление воздуха в ресивере трактора  $p_{рт}$  и прицепа  $p_{рп}$ , на входе воздухораспределителя  $p_{в}$ , в тормозных камерах трактора  $p_{т}$ , в тормозных камерах прицепа  $p_{п}$  – записываются в табл. 5.1. Количество замеров для каждого хода тормозных педалей трехкратное.

Таблица 5.1

Таблица для занесения результатов испытаний

| $S_{п}$ , м | $p_{т}$ , МПа | $p_{в}$ , МПа | $p_{п}$ , МПа | $p_{рт}$ , МПа | $p_{рп}$ , МПа |
|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
|             |               |               |               |                |                |

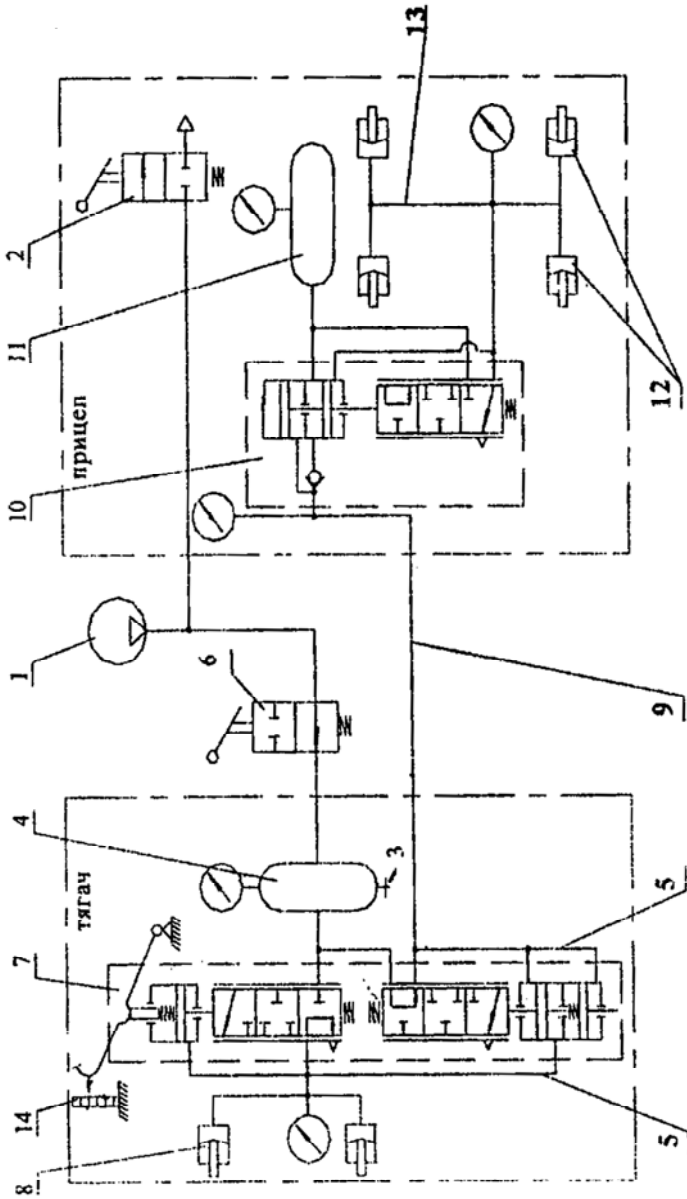


Рис. 5.1. Схема пневматического привода тормозов тракторного поезда

По результатам проведенных опытов необходимо определить функциональные зависимости параметров  $p_T = f(S_n)$ ,  $p_B = f(S_n)$ ,  $p_n = f(S_n)$ . Так как зависимость между измеряемыми параметрами близка к линейному закону, то уравнение регрессии, характеризующее взаимосвязь измеряемых параметров в общем случае, имеет следующий вид:

$$p_i = k_0 + k_1 \cdot S_{ni},$$

где  $k_0$  – коэффициент уравнения регрессии, характеризующий нечувствительность системы;

$k_1$  – угловой коэффициент уравнения регрессии.

$$k_0 = \frac{\sum S_{ni}^2 \cdot \sum p_i^2 - \sum S_{ni} \cdot \sum S_{ni} \cdot p_i}{n \cdot \sum S_{ni}^2 - (\sum S_{ni})^2},$$

$$k_1 = \frac{n \cdot \sum S_{ni} \cdot p_i - \sum S_{ni} \cdot \sum p_i}{n \cdot \sum S_{ni}^2 - (\sum S_{ni})^2},$$

где  $n$  – количество пар экспериментальных точек.

По полученным зависимостям построить статические характеристики (образец показан на рис. 5.2).

### Порядок выполнения работы

1. Произвести внешний осмотр стенда для ознакомления с расположением узлов тормозной системы трактора и прицепов, соединения их между собой и с расположением манометров.

2. Установить шкалы всех манометров на нулевую отметку.

3. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью кнопки электромагнитного пускателя.

4. Через 5–6 минут после пуска электродвигателя, нажав на тормозные педали, убедиться в исправности манометров, работоспособности тормозного привода трактора и прицепа, в отсутствии утечек воздуха в соединительных магистралях тормозного привода.

5. По манометру ресивера трактора установить, вращая регулировочный винт регулятора давления или маховичок редуктора, давление воздуха в тормозном приводе в пределах 0,65...0,8 МПа.

6. Установить регулировочный упор по мерной линейке в первое положение.

7. Произвести трехкратное нажатие на тормозные педали. При каждом нажатии снимать показания манометров и хода педалей, результаты занести в таблицу.

8. Повторить пункты 6 и 7 для каждого из 8 положений хода тормозных педалей.

9. Повторить пункт 5 и занести показания манометров, установленных в ресиверах прицепа и трактора, в таблицу.

10. Выполнить восемь торможений при полном ходе тормозных педалей. Занести показания манометров, установленных в ресиверах трактора и прицепа, в таблицу.

11. Выключить электродвигатель компрессора.

12. Убрать рабочее место.

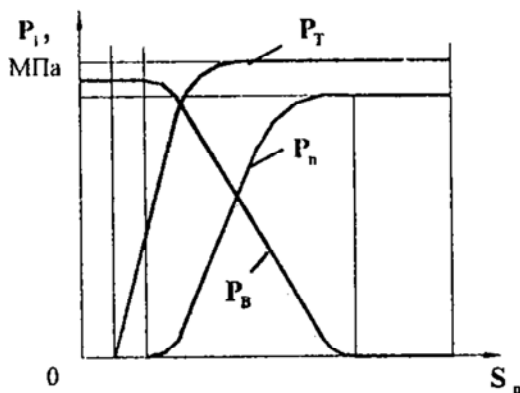


Рис. 5.2. Статические характеристики пневмопривода тормозов тракторного поезда

### Содержание отчета

1. Схема пневматического тормозного привода трактора и прицепа с указанием мест расположения манометров.
2. Краткое описание проводимых опытов.

3. Таблица результатов испытаний.
4. Коэффициенты уравнений регрессии для функциональных зависимостей.
5. Графические зависимости.
6. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается следящее действие пневматического привода?
2. Какие приборы обеспечивают следящее действие пневматического привода?
3. Из каких элементов состоит пневматический привод трактора МТЗ-100 и прицепа 2Г1ГС-4?
4. Порядок снятия статической характеристики тормозного крана и воздухораспределителя.
5. Каким методом обрабатываются экспериментальные данные для построения статических характеристик пневмопривода?
6. Метод оценки запаса сжатого воздуха в ресиверах тормозного пневмопривода.



## Лабораторная работа № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА

**Цель работы:** изучение приборов и аппаратуры, применяемых для определения динамических характеристик пневматического привода. Оценка быстродействия и синхронности срабатывания пневматического привода тормозов трактора и прицепа.

**Оборудование:** стенд, имитирующий расположение и работу пневматического привода тормозов тракторного поезда (МТЗ-100 + 2ПТС-4), компрессор, осциллограф НО71.1, пульт управления, потенциометрический датчик хода МУ-615, мембранные датчики давления П-10, приспособление для тарирования датчиков давления.

#### Общие сведения

Одним из важнейших показателей пневматического тормозного привода является время его срабатывания, которое отсчитывается от начала воздействия на тормозную педаль до момента времени, когда давление воздуха в наиболее удаленных тормозных камерах достигает 75 % от давления, которое должно установиться в этих тормозных камерах при торможении. А при растормаживании время срабатывания отсчитывается с момента отпускания тормозной педали до момента времени, когда давление воздуха в наиболее удаленных тормозных камерах упадет до 10 % от давления, устанавливаемого при торможении.

Время срабатывания тормозного пневмопривода не должно превышать 0,6 с при торможении и 1,2 с при растормаживании. По времени срабатывания оценивается быстродействие привода, которое оказывает существенное влияние на величину тормозного пути тракторного поезда (транспортного средства). На устойчивость движения многозвенного поезда влияет синхронность срабатывания тормозов звеньев, так как она определяет силовое взаимодействие звеньев поезда в начальный период торможения. Несинхронность срабатывания пневмопривода тормозов звеньев поезда может привести к их складыванию при торможении. Для улучшения синхронности срабатывания исполнительных органов необходимо повы-

шать быстродействие отдельных контуров пневмопривода либо снижать быстродействие тех контуров, в которых имеет место значительное опережение срабатывания по отношению к другим контурам звеньев транспортного поезда.

Для повышения быстродействия и синхронности работы пневматических следящих приводов применяется несколько способов: выбор оптимальных проходных сечений трубопроводов и пневмоаппаратов; применение дополнительных ускорительных клапанов; применение корректирующих устройств; применение электронных систем управления тормозным приводом.

### **Приборы и аппаратура**

Для непрерывной записи измеряемых параметров хода тормозной педали, давления воздуха в задних тормозных камерах прицепа, тормозных камерах трактора на входе воздухораспределителя прицепа используется осциллограф НО71.1. Питание осциллографа 220 В. Давление воздуха измеряется при помощи мембранных потенциометрических (П-10) или тензометрических датчиков.

Для измерения перемещения педалей тормозов используется потенциометрический датчик МУ-615. Все датчики подсоединяются к пульту управления (рис. 6.1), который расположен на стойках первого основания тормозного стенда, подробно описанного в лабораторной работе № 5. Выходной сигнал с пульта поступает на осциллограф. Пульт имеет 22 независимых измерительных канала. Каналы объединены в три секции. К первой секции подсоединены датчики тормозной системы трактора, ко второй – датчики тормозной системы прицепа. Датчик вместе с резисторами пульта управления образуют мостовую схему (рис. 6.2). Питание моста осуществляется от постоянного тока напряжением 12 В, измерительная диагональ моста соединяется со шлейфом осциллографа или через галетный переключатель с микроамперметром, который расположен на пульте управления.

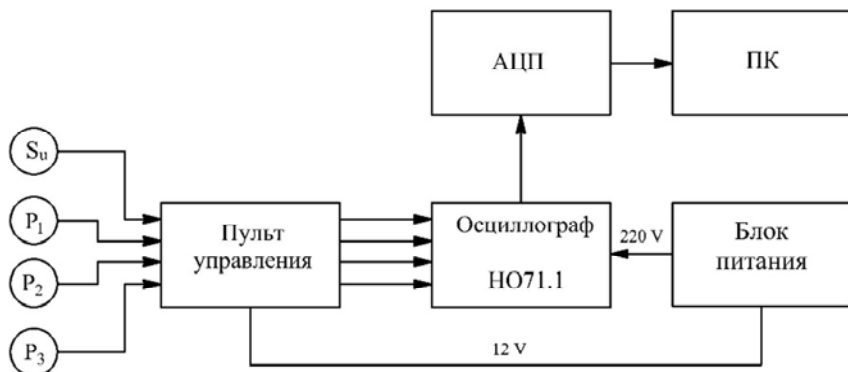


Рис. 6.1. Блок-схема измерительно-регистрающей аппаратуры

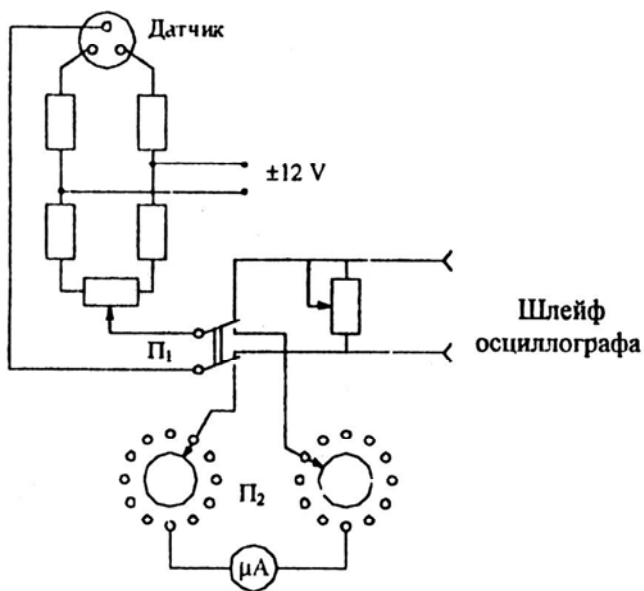


Рис. 6.2. Схема измерительного канала потенциметрического датчика

### Тарировка датчиков

Датчики давления сжатого воздуха тарируются по образцовому манометру. Манометр и датчик подсоединяются к баллону емко-

стью 2 л. В баллоне при помощи редуктора давления устанавливаем давление в пределах 0...0,7 МПа с интервалом 0,1 МПа. При каждом значении давления фиксируется отклонение луча шлейфа осциллографа. Если около датчика давления, установленного на стенде, расположен манометр, то тарирование датчиков производится непосредственно на стенде. Изменение давления в этом случае осуществляется за счет воздействия на тормозную педаль.

Датчик перемещения педали тарируется по мерной линейке. При каждом значении хода тормозных педалей фиксируется отклонение луча осциллографа. Тарирование каждого датчика производится три раза. По полученным данным строятся тарировочные графики.

### Обработка результатов испытаний

При построении динамических характеристик пневматического тормозного привода, определенных по осциллограммам, величину давления в миллиметрах, полученную на осциллографе, умножают на соответствующий тарировочный коэффициент датчика и получают значение давления в МПа. Время срабатывания тормозного привода трактора  $t_1$  и прицепа  $t_2$  отсчитывается от начала нажатия на тормозную педаль до того момента, когда давление воздуха в тормозных камерах составит 75 % максимального значения. Время срабатывания определяется из всех записанных осциллограмм, и в качестве окончательного результата принимается среднее.

Время запаздывания начала нарастания давления в тормозных камерах трактора  $t_3$  и прицепа  $t_4$  отсчитывается от начала нажатия на тормозную педаль до начала нарастания давлений в тормозных камерах трактора и прицепа. Синхронность срабатывания исполнительных органов трактора и прицепа оценивается как разность времени срабатывания тормозного привода фактора и прицепа  $t = t_1 - t_2$ .

Все перечисленные параметры заносятся в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| №<br>опытов | $t_1$ , с | $t_2$ , с | $t_3$ , с | $t_4$ , с | $t$ , с | $t_5$ , с |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
|             |           |           |           |           |         |           |

## Порядок выполнения работы

1. Провести внешний осмотр стенда для ознакомления с местами расположения датчиков.
2. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью кнопки электромагнитного пускателя.
3. Через 5–6 минут после пуска электродвигателя, нажав на тормозные педали, убедиться в отсутствии утечек воздуха в соединительных магистралях тормозного привода.
4. Подключить питающий шнур осциллографа и блока питания в сеть 220 В.
5. Подключить питание напряжением 12 В от аккумуляторных батарей или специального блока питания к датчикам.
6. Поворотом рукоятки галетного переключателя  $P_2$  соединить диагонали мостов поочередно с микроамперметром.
7. Включить тумблер на пульте управления «масштаб–работа» в положение «масштаб».
8. По микроамперметру проверить и при необходимости произвести балансировку моста на «ноль» при помощи резистора «балансировки нуля» соответствующего канала.
9. Переключить тумблер «масштаб–работа» в положение «работа».
10. Снять датчик давления со входа воздухораспределителя и вернуть его в резьбовое отверстие баллона емкостью 2 л тарировочного приспособления.
11. Установить редуктором давления в баллоне по образцовому манометру 0,1 МПа.
12. Величину выходного сигнала датчика давления измерить по отклонению луча шлейфа осциллографа на юстировочном экране.
13. Повторить пункты 11 и 12 для давлений 0...0,7 МПа с интервалом 0,1 МПа. Повторить тарирование датчиков не менее трех раз.
14. Вывернуть датчик давления из баллона тарировочного приспособления и установить на входе воздухораспределительного крана.
15. Повторить пункты 11–14 для всех остальных датчиков давления.
16. Включить на осциллографе тумблер «сеть», при этом должна загореться сигнальная лампа «сеть».

17. Включить тумблер «осветитель», при этом должны вращаться двигатели блока привода и вентилятора.
18. Переключателями «скорость движения носителя записи» и  $\times 1, \times 100$  установить скорость движения протяжки.
19. Установить период следования меток времени переключателем «метки времени».
20. Кнопкой «пуск» включить лентопротяжный механизм.
21. Через 2 секунды резко нажать на тормозные педали.
22. Через 3–5 секунд после нажатия на тормозные педали отпустить тормозные педали и включить переключатель «стоп».
23. Повторить пункты 21 и 22.
24. Выключить тумблеры «осветитель» и «сеть».
25. Отключить шнур питания осциллографа и датчиков.
26. Выключить электродвигатель компрессора.
27. Убрать рабочее место.
28. При использовании в качестве регистрирующей аппаратуры аналога цифрового преобразователя (АЦП) и персонального компьютера (ПК), использовать прилагаемую инструкцию.

### **Содержание отчета**

1. Краткое описание проводимых опытов.
2. Порядок проведения тарирования датчиков давления и хода тормозных педалей.
3. Тарировочные графики и коэффициенты тарировки датчиков.
4. Динамические характеристики тормозного привода тракторного поезда (образец показан на рис. 6.3).
5. Таблица замеров результатов испытаний.
6. Выводы.

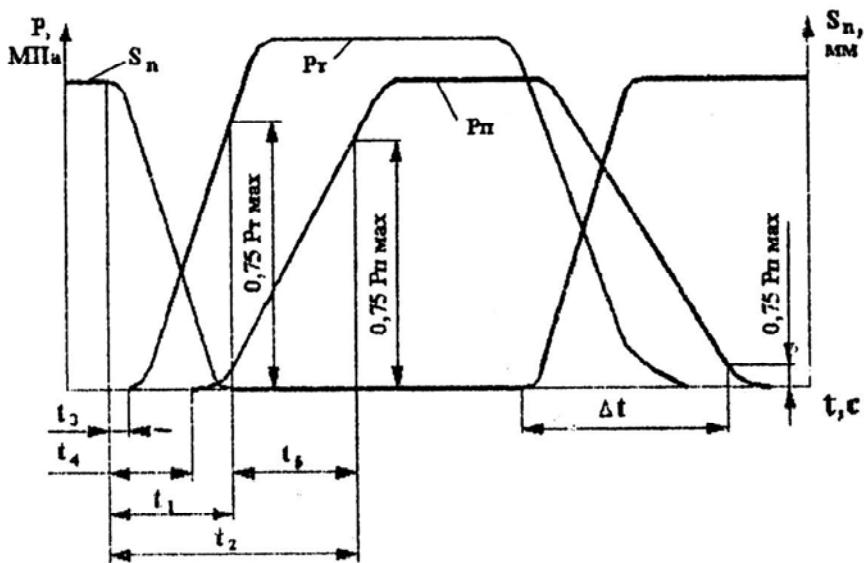


Рис. 6.3. Динамические характеристики пневмопривода тормозов при торможении и растормаживании:

$t_5$  – время срабатывания тормозного привода тракторного поезда при растормаживании;  $S_n$  – ход тормозной педали;  
 $P_r$  – давление в тормозных камерах трактора;  
 $P_{п}$  – давление в тормозных камерах прицепа

### Контрольные вопросы

1. Что такое синхронность срабатывания пневматического привода автотракторного поезда и как она замеряется?
2. Как определяется время срабатывания тормозного привода?
3. Порядок включения осциллографа.
4. Какие факторы влияют на время срабатывания тормозного привода?
5. Приборы и аппаратура для снятия динамических характеристик пневматического привода.
6. Назначение и порядок тарирования датчиков.
7. Порядок обработки результатов эксперимента.

## Лабораторная работа № 7

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРМОЗНОГО КРАНА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА

**Цель работы:** приобрести навыки определения экспериментальным путем расходной характеристики элементов пневматического привода.

**Оборудование:** стенд для испытания арматуры пневматических тормозов, установка для определения пропускной способности следящих аппаратов пневмосистем.

#### Общие сведения

В число искомых параметров при проектировании пневмопривода входит эффективная площадь проходного сечения, которая характеризует пропускную способность пневмоцепи. Эффективная площадь определяется произведением геометрической площади расчетного проходного сечения канала клапана и коэффициента расхода  $\mu$ :

$$f^3 = f \cdot \mu.$$

Если линия состоит из нескольких элементов, то  $f^3$  следует рассматривать как их приведенную характеристику. Для последовательно соединенной пары элементов эффективная площадь равна:

$$f_{1,2}^3 = -\frac{f_1^3 \cdot f_2^3}{\sqrt{(f_1^3)^2 + (f_2^3)^2}};$$

для трех элементов

$$f_{1,2,3}^3 = -\frac{f_1^3 f_2^3 f_3^3}{\sqrt{(f_1^3 f_2^3)^2 + f_1^3 f_3^3 + (f_2^3 f_3^3)^2}}.$$



Теоретически выражение для определения  $f^3$  имеет следующий вид:

$$f^3 = \frac{G_T}{\chi \cdot p_1 \cdot \Phi(p_2 / p_1)},$$

где  $G_T$  – теоретическая расходная характеристика пневмосопротивления;

$\chi$  – постоянный коэффициент;

$\Phi(p_2 / p_1)$  – расходная функция;

$p_1, p_2$  – давление на входе и выходе пневмосопротивления.

Расходные действительные характеристики реальных устройств (клапанов, золотников, трубопроводов) не совпадают с теоретическими характеристиками. В связи с этим их целесообразно определять экспериментально.

Способы экспериментального определения пропускной способности пневмоустройств условно можно разделить на две категории. К первой из них относятся способы непосредственного измерения расхода воздуха, протекающего через испытываемое устройство, ко второй – способы косвенной оценки расхода, когда измеряется не расход, а другая величина, зависящая от него.

При непосредственном измерении расхода сжатого воздуха диаметр входного и выходного каналов должен быть значительно больше (по крайней мере, в два раза) диаметра проходных каналов исследуемого объекта, а длина исследуемого объекта – не менее десяти диаметров. Расход определяется по показаниям объемного расходомера при определенной температуре воздуха перед ним. К стенду при определении расходной характеристики таким методом предъявляются достаточно жесткие требования, которые трудно удовлетворить, особенно если на одном и том же стенде предполагается снимать расходные характеристики пневмоустройств, значительно отличающихся пропускными способностями.

В последнее время все большее распространение находят методы косвенного определения пропускной способности пневмоустройств, отличающиеся простотой и не требующие оборудования дорогостоящего стенда. К ним следует отнести прежде всего способы, осно-

ванные на наполнении и опоражнении полости постоянного объема через исследуемый объект.

### Методика и стенд для определения пропускной способности пневмосопровитлений

Косвенно коэффициент расхода  $\mu$ , являющийся оценочным параметром пропускной способности пневмоустройств, определяют по переходной характеристике ДЕ-звена, в которое устанавливается в качестве дросселя испытываемое пневмосопровитление.

Определение пропускной способности по методу наполнения и опоражнения постоянного объема осуществляется на специальной установке (рис. 7.1), которая содержит ресивер 1, манометры 2, 3, разобщительный кран 4, тормозной кран 5, баллон 6 емкостью 1 л. Регистрация процесса изменения давления воздуха на входе тормозного крана 5 и в баллоне 6 осуществляется с помощью измерительной аппаратуры, состоящей из датчиков давления 7 и 8, аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 9, персонального компьютера (ПК) 10.

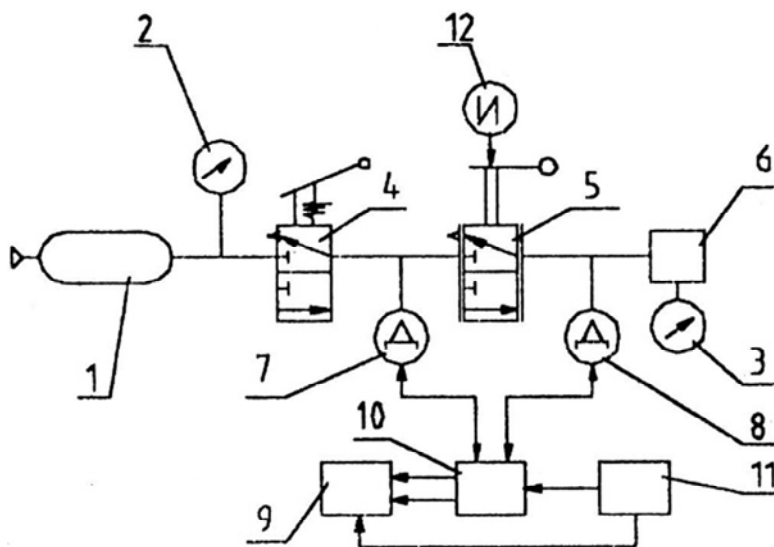


Рис. 7.1. Установка для определения пропускной способности следящих аппаратов пневмосистем

При продувке испытываемого устройства должно обеспечиваться постоянное давление в ресивере 1, что достигается за счет значительного его объема, в десятки раз превышающего объем баллона 6. Все элементы пневмоцепи должны иметь проходное сечение каналов, значительно большее (в четыре и более раз) площади проходного сечения испытываемого тормозного крана. На приведенном стенде, при мгновенном открытии разобщительного крана 4, входное давление  $P_{ВХ}$  изменяется скачкообразно от начального давления  $P_{1нач}$  до давления в ресивере  $P_R$ . Одновременно с появлением входного сигнала начинает расти давление  $P_1$  в баллоне 6.

Коэффициент расхода  $\mu$  в данном случае может определяться с учетом полученного экспериментально времени наполнения  $t_H$  или опоражнения  $t_0$  постоянной емкости по следующим формулам:

$$\mu = \frac{V}{k \cdot f \cdot V_{кр} \cdot t_H} \cdot Y_H;$$

$$\mu = \frac{V}{k \cdot f \cdot V_{кр} \cdot t_0} \cdot Y_0,$$

где  $f$  – площадь поперечного сечения канала (клапана);

$V_{кр}$  – критическая скорость;

$k$  – показатель адиабаты;

$t_H, t_0$  – время наполнения и опоражнения постоянной емкости 6.

$$Y_H = \frac{1}{A} \cdot (1,2 - 0,9 \cdot \sigma_{1H});$$

$$Y_0 = \frac{1}{A} \cdot \left( \ln \frac{1}{0,1 + 0,9 \cdot \sigma_{0H}} + 0,299 \right), \quad A = 0,654;$$

$$\sigma_{1H} = \frac{P_{1H}}{P_0};$$

$$\sigma_{0H} = \frac{P_0}{P_{1H}};$$

где  $p_0$  – давление в пространстве, в которое входит воздух из камеры (за тормозным краном);

$p_{1н}$  – начальное давление в камере.

Коэффициент расхода следящих аппаратов, к которым относится и тормозной кран, не остается постоянным по мере открытия клапана. Величина коэффициента  $\mu$  определяется при малых открытиях клапана главным образом его конструкцией, а при больших открытиях – конфигурацией и пропускной способностью всех каналов аппарата, по которым протекает воздух. В связи с этим коэффициент расхода  $\mu$  тормозного крана необходимо определять для различного хода его штока. Фиксация каждого положения штока тормозного крана осуществляется специальным устройством, установленным на стенде, которое позволяет иметь пять фиксированных положений. Каждое положение хода штока оценивается по индикатору.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться со стендом, местами расположения датчиков и регистрирующей аппаратурой.

2. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью электромагнитного пускателя и кнопки, расположенной на пульте управления стенда для испытания аппаратуры пневматических приводов.

3. Через 5–6 минут после пуска по манометру 2 ресивера 1 убедиться в наличии давления 0,7 МПа, а также в отсутствии утечек в соединительных магистралях.

4. Соединить разобщительным краном 4 баллон 6 с атмосферой и убедиться в отсутствии воздуха в нем по манометру 3.

5. Установить шток тормозного крана в первое фиксированное положение и по индикатору 12 определить ход штока.

6. Выполнить пункты 4–20 по подготовке измерительно-регистрирующей аппаратуры, описанной в лабораторной работе № 6.

7. Кнопкой «пуск» включить лентопротяжный механизм осциллографа.

8. Через 2 секунды разобщительным краном 4 соединить ресивер 1 с баллоном 6.

9. Через 2 секунды разобщительным краном 4 соединить баллон 6 с атмосферой.

10. Через 2–3 секунды включить переключатель «стоп».
11. Установить шток тормозного крана в последующие фиксированные положения и повторить пункты 8–10.
12. Выключить тумблеры «осветитель» и «сеть».
13. Отключить шнур питания осциллографа и датчиков.
14. Выключить электродвигатель компрессора.
15. Убрать рабочее место.

### **Содержание отчета**

1. Схема стенда для определения пропускной способности пневмосопротивлений элементов пневмопривода.
2. Описание методики определения пропускной способности пневмосопротивлений.
3. Динамические характеристики, полученные на ленте осциллографа.
4. Графические зависимости изменения времени наполнения и опоражнивания баллона  $b$  от хода штока тормозного крана.
5. Расчетные значения пропускной способности тормозного крана для каждого фиксированного значения хода штока.
6. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какими методами определяется пропускная способность пневмосопротивлений?
2. Как определяется время наполнения и опоражнивания постоянного объема?
3. Порядок определения пропускной способности по методу наполнения и опоражнивания постоянного объема.
4. Устройство стенда для определения пропускной способности пневмосопротивлений.
5. Какие особенности изменения коэффициента расхода следящих аппаратов?

## Лабораторная работа № 8

### СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРМОЗНОГО КРАНА С ПНЕВМОУСИЛЕНИЕМ

**Цель работы:** изучить методику снятия статических характеристик следящих аппаратов пневматических систем.

**Оборудование:** стенд для испытания арматуры пневматических тормозов, установка для снятия статических характеристик следящих аппаратов пневматических систем мобильных машин.

#### Общие сведения

Тормозные краны служат для управления приводом рабочей тормозной системы тягача и прицепного состава и подразделяются на краны прямого, обратного действий и комбинированные. Тормозные краны прямого действия имеют от одной до трех секций, каждая из которых обслуживает свой контур привода. Односекционные тормозные краны прямого действия предназначены для управления одноконтурным тормозным приводом транспортного средства, а обратного действия – однопроводным приводом прицепа через клапан управления тормозами прицепа.

Комбинированные тормозные краны имеют от двух до четырех секций, причем одна из них обязательно обратного действия. Эта секция предназначена для непосредственного управления однопроводным приводом прицепа.

#### Устройство и работа крана с пневмоусилением

Тормозной кран пневмосистемы трактора предназначен для управления приводом тормозов прицепов. Привод тормозного крана сблокирован с приводом тормозов трактора. Установлен он на кронштейне с правой стороны трактора. Привод к тормозному крану осуществляется через рычаг правого тормоза и тягу.

Тормозной кран трактора состоит из корпуса 5 (рис. 8.1), вставки 10, в которой выполнен канал А противодействия, крышки 11, имеющей канал Б нагнетания, соединенный с каналом В управле-

ния через подпружиненный впускной клапан 13, который жестко соединен с выпускным клапаном 12.

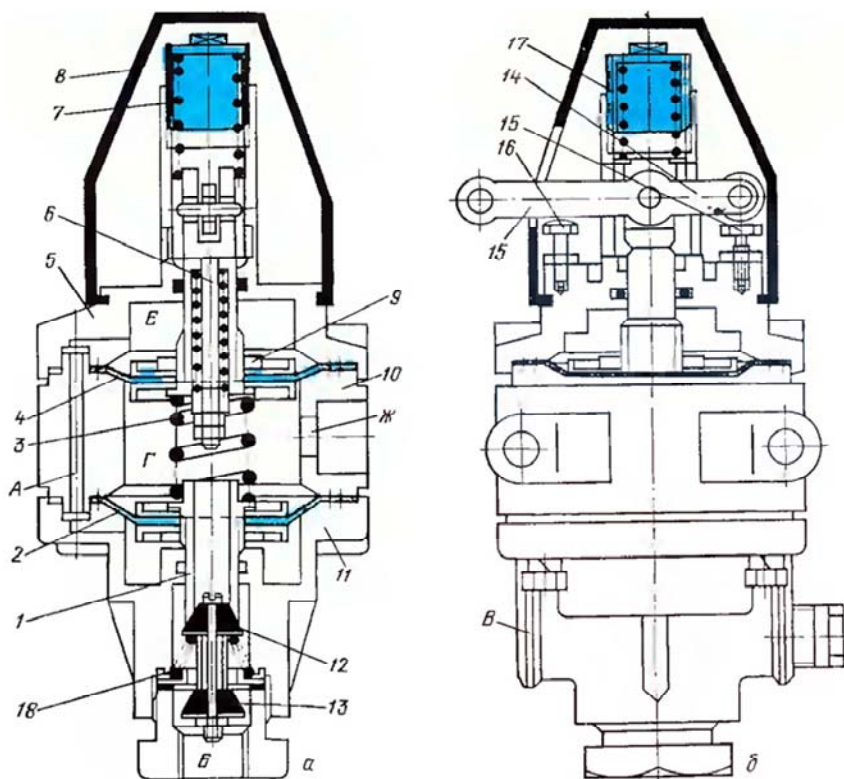


Рис. 8.1. Тормозной кран с пневмоусилением

Для предохранения диафрагмы 2 от прямого динамического воздействия воздуха канал В управления соединен отверстием с рабочей полостью Д, которая расположена между крышкой 11 и диафрагмой 2. Канал А противодействия соединяет рабочую полость Д с полостью Е противодействия, образованную корпусом 5 и диафрагмой 4.

Канал Б нагнетания соединен с ресивером, а канал В управления через соединительную головку соединен с соединительной магистралью прицепа.

Между крышкой 11 и вставкой 10 закреплена диафрагма 2, жестко связанная при помощи гайки с полым штоком 1, являющимся одновременно и седлом выпускного клапана 12.

Между диафрагмами 2 и 4 находится уравнивающая пружина 3. В корпусе 5 размещен рычаг 14 и возвратная пружина 7. Рычаг упирается в регулировочные винты 15 и 16.

Внутренняя полость корпуса тормозного крана трактора для предохранения от пыли, влаги и грязи закрыта резиновым чехлом 8, а внутренняя полость вставки 10 соединена отверстием Ж с атмосферой.

В расторможенном состоянии впускной клапан 13 открыт, а выпускной клапан 12 закрыт и сжатый воздух из ресивера через канал Б нагнетания поступает в канал В управления и соединительную магистраль прицепа. Одновременно сжатый воздух по каналу А противодействия поступает в полость Е противодействия и сжимает пружину 3.

При торможении транспортных средств рычаг 14 с помощью тяги тормозной педали поворачивается и отводится от упора, при этом диафрагма 2 под действием давления воздуха перемещается вверх. Закрывается впускной клапан 13 и открывается выпускной клапан 12.

Сжатый воздух из магистрали управления выходит через отверстие Ж в атмосферу. При снижении давления в соединительной магистрали срабатывает воздухораспределитель прицепа трактора и пропускает воздух из ресивера прицепа к тормозным камерам колес прицепа. Прицеп затормаживается.

Таким образом, в случае разрыва сцепки и рассоединения соединительной магистрали, прицеп автоматически затормаживается, так как при этом воздух из соединительной магистрали прицепа выходит в атмосферу. При подтормаживании, т. е. когда педаль тормоза перемещается на часть своего полного хода, сжатие пружины 3 уменьшается частично.

В этом случае давление воздуха заставляет сдвинуться диафрагму 2 вверх. Открывается выпускной клапан 12, и воздух из соединительной магистрали начинает выходить в атмосферу через отверстие Ж. Это продолжается до тех пор, пока сила давления сжатого воздуха на диафрагму 2 не сравняется с сопротивлением пружины 3. Как только усилия уравниются, выпускной клапан 12 закрывается.



Давление воздуха в соединительной магистрали стабилизируется. Таким образом каждому положению педали соответствует определенное давление в соединительной магистрали и в тормозных камерах колес прицепа, т. е. осуществляется следящее действие тормозного крана.

При растормаживании возвратная пружина 7 перемещает рычаг 14, шток 6, пружину 3, диафрагмы 2 и 4 в сторону выпускного 12 и впускного 13 клапанов.

При этом седло выпускного клапана упирается в выпускной клапан 12, перекрывая сообщение канала В управления с атмосферой, а впускной клапан 13 открывается, и сжатый воздух из ресивера трактора поступает в соединительную магистраль. Одновременно воздух по каналу А поступает в полость противодавления и воздействует на диафрагму 4, сжимая пружину 3.

Из соединительной магистрали воздух поступает в воздухораспределитель прицепа, который под действием его давления срабатывает, и воздух из ресивера трактора начинает поступать в ресивер прицепа (идет подзарядка ресивера прицепа), а из тормозных камер прицепа воздух выходит в атмосферу. Прицеп растормаживается.

Наличие связи полостей рабочей Д и противодавления Е каналом обеспечивает в этих полостях равное давление и ведет к разгрузке привода крана и снижению усилия на педалях тормозов.

Тормозной кран имеет также встроенный пружинный компенсатор хода, позволяющий обеспечить требуемую величину хода педалей тормозов трактора.

### **Снятие статической характеристики тормозного крана**

Статическая характеристика тормозного крана характеризует качество его следящего действия и представляет собой зависимость давления воздуха, которое устанавливает следящий механизм, от приводного усилия или хода приводного штока. Снятие статической характеристики осуществляется на специальном стенде (рис. 8.2), который содержит ресивер 1, манометр ресивера 2, разобщительный кран 3, тормозной кран 4, индикаторную головку 5, привод управления тормозным краном 6, баллон 7 объемом 1–7 л, манометр баллона 8.

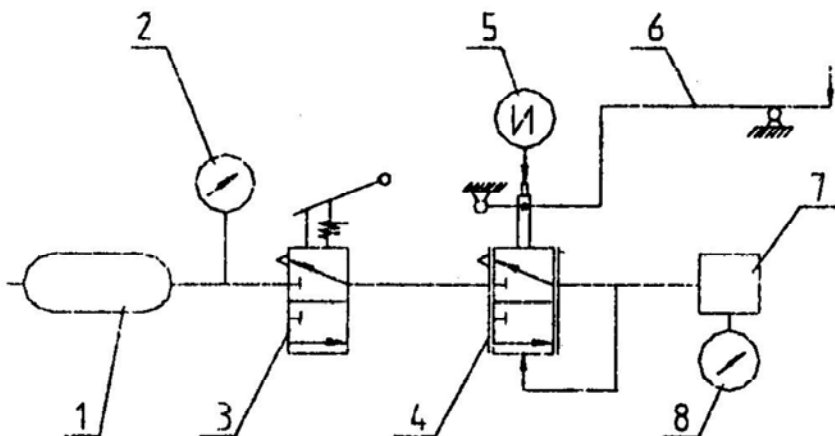


Рис. 8.2. Стенд для снятия статической характеристики тормозного крана

Методика снятия статической характеристики заключается в том, что весь ход штока тормозного крана разбивают на 8 фиксированных положений. Для каждого фиксированного положения определяют с помощью индикатора ход приводного штока или усилие на рукоятке управления, а также давление на входе и выходе тормозного крана. Все измеряемые параметры заносятся в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Таблица для занесения результатов испытаний

| Положение рукоятки | Ход штока тормозного крана, мм |           | Давление на входе тормозного крана, МПа |           | Давление на выходе тормозного крана, МПа |           |
|--------------------|--------------------------------|-----------|---|-----------|--|-----------|
|                    | нагрузка                       | разгрузка | нагрузка                                | разгрузка | нагрузка                                 | разгрузка |
| 1                  |                                |           |   |           |  |           |
| 2                  |                                |           |   |           |  |           |
| 3                  |                                |           |   |           |  |           |
| 4                  |                                |           |   |           |  |           |
| 5                  |                                |           |   |           |  |           |
| 6                  |                                |           |   |           |  |           |
| 7                  |                                |           |   |           |  |           |
| 8                  |                                |           |   |           |  |           |

## Порядок выполнения работы

1. Провести внешний осмотр стенда для ознакомления с его устройством.
2. Включить электродвигатель привода компрессора с помощью электромагнитного пускателя и кнопки, расположенной на пульте управления стенда для испытания арматуры пневматических приводов.
3. Через 5–6 минут после пуска компрессора по манометру 2 ресивера 1 убедиться в наличии давления 0,7 МПа, а также в отсутствии утечек в соединительных магистралях.
4. Установить индикатор поворотом шкалы в нулевое положение.
5. Соединить разобщительным краном 3 баллон 7 с ресивером 1 и установить шток тормозного крана в первое фиксированное положение.
6. Установить шток тормозного крана во второе фиксированное положение и занести значения хода штока и давлений на входе и выходе тормозного крана.
7. Повторить пункт 6 для остальных фиксированных значений хода штока.
8. Выключить электродвигатель компрессора.
9. Убрать рабочее место.

## Содержание отчета

1. Краткое описание назначения устройства, принципа работы тормозного крана.
2. Схема стенда для снятия статической характеристики тормозного крана.
3. Методика снятия статической характеристики тормозного крана.
4. Таблица замеров результатов испытаний.
5. Графики статической характеристики тормозного крана  $P_{\text{вых}} = f(h_{\text{ш}})$ .
6. Выводы.

## Контрольные вопросы

1. Назначение и принцип работы тормозного крана с пневмоусилением.
2. Чем отличаются тормозные краны прямого и обратного действия?
3. Как осуществляется снятие статической характеристики тормозного крана?
4. Какая особенность тормозного крана с пневмоусилением?
5. Чем отличаются статические характеристики тормозных кранов прямого и обратного действия?
6. От каких факторов зависит величина гистерезиса статической характеристики тормозного крана?

## Лабораторная работа № 9

### ГИДРООБЪЕМНОЕ РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

**Цель работы:** ознакомиться с конструкцией и работой гидрообъемного рулевого управления, снять характеристики гидрообъемного рулевого управления.

**Оборудование:** стенд гидрообъемного рулевого управления (ГОРУ) тракторов МТЗ, динамометр, плакаты по устройству ГОРУ тракторов и других мобильных машин.

#### Общие сведения

На тракторах, автомобилях и других мобильных машинах широко применяются гидромеханические и гидравлические системы рулевого управления. Гидромеханическая система рулевого управления представляет собой механическую систему рулевого управления, оборудованную гидравлическим усилителем. Характерной особенностью гидравлической системы рулевого управления является отсутствие механической связи между рулевым колесом и мостом управляемых колес, что допускает дистанционное размещение управляющей части (рулевого колеса, блока управления, рулевой колонки) от исполнительной части (исполнительного гидроцилиндра) без применения механической обратной связи, реализация которой, например, на комбайнах затруднительна. Такое рулевое управление называется гидрообъемным.

На рис. 9.1 и 9.2 представлены две наиболее распространенные схемы одноконтурных ГОРУ с управляемыми распределителями насосов-дозаторов.

На рис. 9.1 показана схема с механически управляемым распределителем 1, в которой регулирование происходит посредством насоса-дозатора 2, состоящего из дозирующего узла  $\delta$  (мотор-насоса), механически связанного с гидрораспределителем 1.

При прямолинейном движении трактора золотник гидрораспределителя 1 находится в нейтральном положении. В результате масло из бака 11 подается насосом 12 в гидрораспределитель 1 и из него обратно сливается в бак 11.

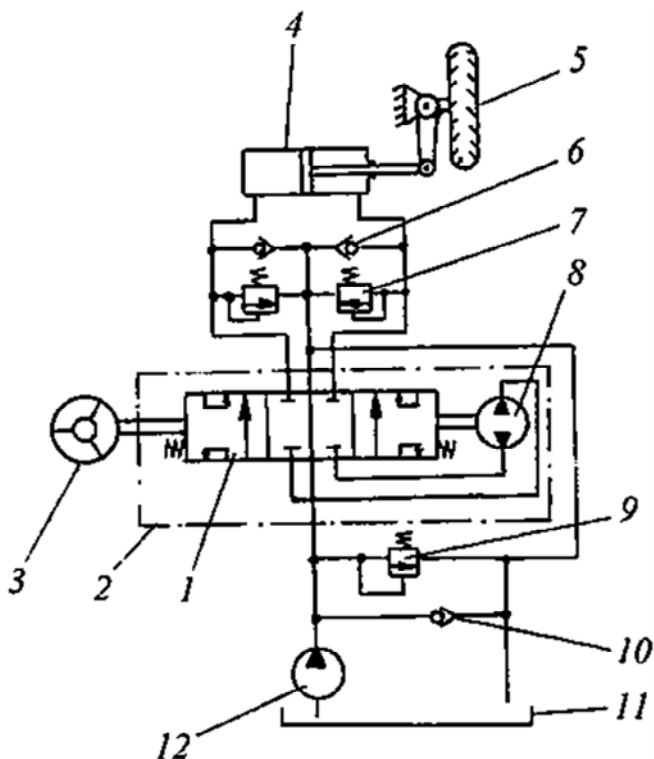


Рис. 9.1. Схема ГОРУ с механически управляемым распределителем

При повороте рулевого колеса 3 золотник гидрораспределителя 1 смещается из нейтрального положения вперед или назад в зависимости от направления вращения рулевого колеса, и масло от насоса 12 под давлением поступает через дозатор 8 в одну из полостей гидроцилиндра 4. Из другой полости гидроцилиндра масло поступает на слив в бак 11. В результате происходит перемещение штока гидроцилиндра 4 и поворот управляемых колес 5 трактора.

Вместе с тем дозатор 8 соединен с валом рулевого колеса 3 и золотником гидрораспределителя 1 через упругий дифференциальный механизм (не показан). Поэтому при остановке поворота рулевого колеса 3 золотник распределителя 1 начинает смещаться в сторону, противоположную заданной, поворотом рулевого колеса 3, тем самым согласовывая систему и возвращая золотник в нейтральное

положение. При такой связи рулевого колеса 3 с золотником гидрораспределителя 1 и дозатором 8 обеспечивается пропорциональность между подачей масла в гидроцилиндр 4 для поворота управляемых колес 5 на заданный угол и углом поворота рулевого колеса 3.

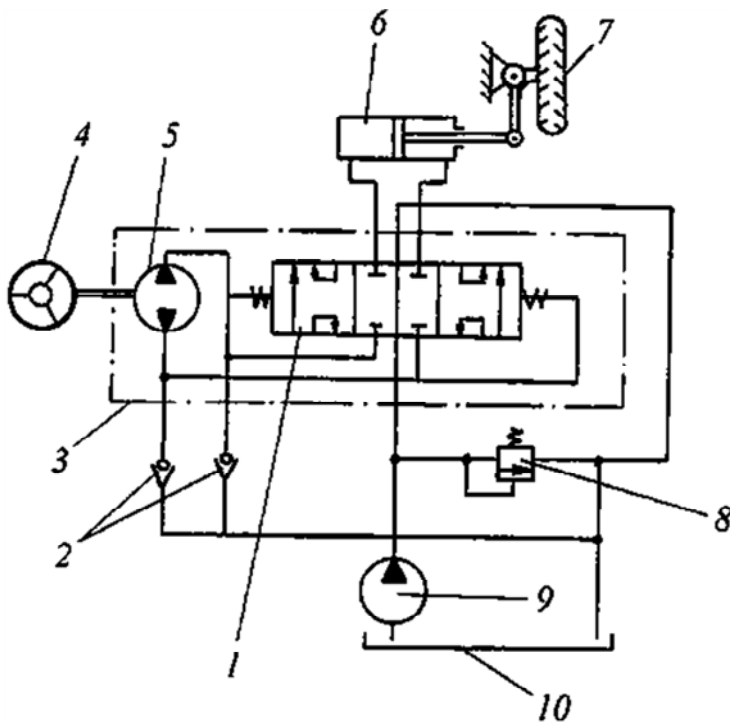


Рис. 9.2. Схема ГОРУ с гидравлически управляемым распределителем

Таким образом, дозатор 8 в данной схеме выполняет роль обратной связи.

При отказе в работе насоса 12 ГОРУ работает от дозатора 8 с ручным приводом от рулевого колеса 3 (аварийное управление). При этом всасывание масла производится из сливного трубопровода через обратный клапан 10.

В схеме имеется предохранительный клапан 9, ограничивающий верхний уровень давления масла в гидросистеме при повороте трактора. Противовакуумные 6 и противоударные 7 клапаны способ-

ствуют повышению уровня надежности и безопасности работы данной схемы ГОРУ.

Противовакуумные клапаны связывают полости гидроцилиндра 4 с насосом 12, что исключает возникновение в них зон разрежения. Противоударные клапаны 7 срабатывают при резком изменении давления масла в гидроцилиндре 4 за счет изменения момента сопротивления повороту управляемых колес 5 при боковом ударе.

На рис. 9.2 представлена схема, в которой дозатор 5 (мотор-насос) и гидрораспределитель 1 имеют между собой только гидравлическую связь. Вследствие этого компоновка насоса-дозатора 3 может быть как моноблочной (показано на схеме), так и раздельной. Принцип действия системы состоит в следующем.

При вращении рулевого колеса 4 создается перепад давлений масла в бустерных полостях распределителя 1. Вследствие этого его золотник, преодолевая сопротивление центрирующих пружин, смещается от нейтрального положения. При этом поток масла под давлением от насоса 9 начинает поступать к дозатору 5 в направлении, соответствующем направлению вращения рулевого колеса 4.

Это уменьшает перепад давления в дозаторе 5 и вызывает возврат золотника в обратную сторону. Поток масла при этом ограничивается до величины, соответствующей частоте вращения дозатора 5. От последнего масло через гидрораспределитель 1 поступает в соответствующую рабочую полость гидроцилиндра 6 для поворота управляемых колес 7, а из противоположной полости – на слив в бак 10.

Для лучшего заполнения маслом трубопроводов дозатора 5, как правило, устанавливают два обратных подпиточных клапана 2. Предохранительный клапан 8 ограничивает в данной схеме максимальное давление масла при повороте трактора.

Аварийное управление ГОРУ при отказе в работе насоса 9 аналогично рассмотренному в предыдущей схеме.

Данная схема имеет некоторые недостатки, ограничивающие ее применение:

- достаточно большие усилия на рулевом колесе 4, что связано с преодолением сопротивления давления масла в бустерах гидрораспределителя 1 и при вращении дозатора 5;

- менее надежное гидравлическое управление, чем механическое.

ГОРУ, выполненные по одноконтурной схеме, наиболее просты по конструкции, но требуют насосов-дозаторов с увеличивающимися-



ся рабочими объемами в зависимости от повышения тягового класса и назначения трактора. Поэтому их применение наиболее целесообразно на тракторах классов 0,9–1,4, на которых требуются насосы-дозаторы с рабочим объемом не более 80 см<sup>3</sup> и с механически управляемым распределителем.

Двухконтурные схемы ГОРУ обычно применяются для колесных тракторов тягового класса 3,0 и выше. В них масло от гидронасоса к исполнительному гидроцилиндру поступает по двум гидравлическим цепям, что позволяет не увеличивать типоразмеры насосов-дозаторов, применяемых в одноконтурных схемах.

Получили распространение двухконтурные (гидропривод дроссельного управления, обслуживаемый вторым управляющим контуром с насосом-дозатором) ГОРУ на комбайнах «Нива» и «Колос» и многих строительно-дорожных машинах. Схема двухконтурного ГОРУ показана на рис. 9.3. Она включает бак 1, предохранительный клапан 2, насос-дозатор 3, распределитель 4, силовой цилиндр 5, фильтр 11 с редукционным клапаном 12. Связь штока силового цилиндра 5 с управляемыми колесами обеспечивают поворотный рычаг 6 и рулевая тяга 7. Цилиндр 5 шарнирно соединен с кронштейном 9 управляемого моста 8. При вращении рулевого колеса насос-дозатор нагнетает рабочую жидкость в одну из торцевых полостей распределителя 4. В результате золотник распределителя смещается влево либо вправо, в зависимости от направления поворота рулевого колеса, сообщая соответствующие полости силового цилиндра 5 с нагнетательными и сливными трубопроводами. При неподвижном рулевом колесе пружина в распределителе 4 возвращает золотник в исходное положение, связь с силовым цилиндром 5 прекращается, и рабочая жидкость запирается в цилиндре. Благодаря этому сохраняется заданное положение поршня и управляемых колес.

Дозаторы (мотор-насосы) бывают планетарные (героторные, героллерные, героторно-пластинчатые), пластинчатые, шестеренные, поршневые, плунжерные (аксиального и радиального исполнения). Наиболее распространены планетарные и поршневые дозаторы ввиду их компактности и надежности в работе.

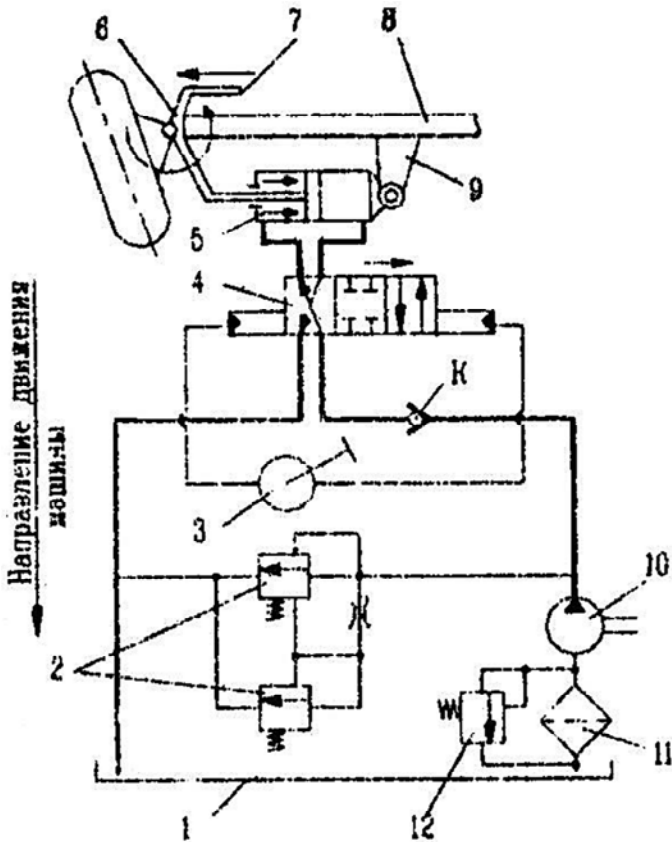


Рис. 9.3. Гидравлическая принципиальная схема двухконтурного ГОРУ

Конструкция насоса-дозатора трактора МТЗ-1221 приведена на рис. 9.4.

Гидроруль (насос-дозатор) рулевого управления МТЗ-1221 включает в себя качающийся узел I, распределитель II, обратный клапан 9, два противоударных клапана 7, предохранительный клапан 6 и два противовакуумных клапана 8. Героторный качающийся узел состоит из закрепленного на корпусе статора 1 и вращающегося ротора 2, связанного с золотником 3 через приводной вал 4. Распределитель состоит из корпуса 10, гильзы 5 и золотника 3, соединенного шлицами с хвостовиком привода вала рулевой колонки.

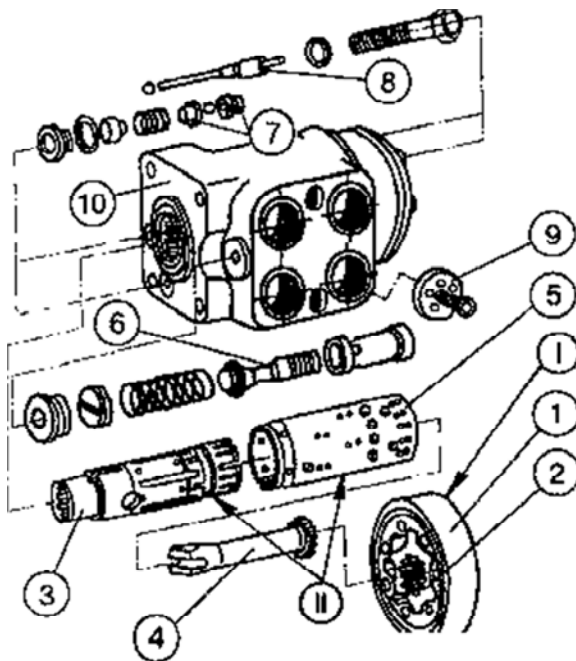


Рис. 9.4. Насос-дозатор рулевого управления МТЗ-1221

Предохранительный клапан 6 ограничивает максимальное давление в нагнетательной магистрали в пределах 14...15 МПа (140...150 кгс/см<sup>2</sup>). Противоударные клапаны 7 ограничивают давление в магистралях цилиндров при ударной нагрузке. Давление настройки противоударных клапанов – 20...21 МПа (200...210 кгс/см<sup>2</sup>). Противовакуумные клапаны 8 позволяют обеспечить необходимую подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр в аварийном режиме и при срабатывании противоударных клапанов.

Гидрораспределители могут быть кранового (поворотного), золотникового и клапанного типа. Наиболее распространены первых два типа.

### Описание стенда

Стенд ГОРУ (рис. 9.5) состоит из основания, на котором установлены: моноблочный насос-дозатор 1 «Danfoss» с распределителем

лем 2, героторным насосом 3 и предохранительными клапанами 4, 5, 6; исполнительный механизм 7 с силовыми цилиндрами 8, штоки которых через зубчатую передачу соединены с рулевой сошкой 9. Рулевое колесо механически связано с насосом-дозатором.

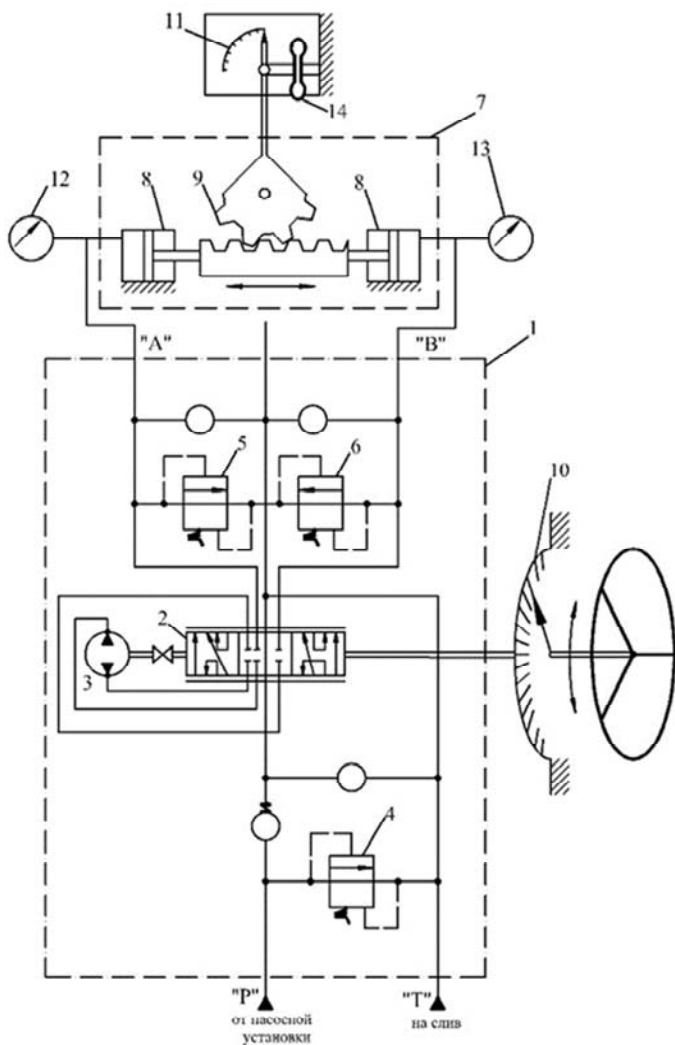


Рис. 9.5. Схема стенда гидрообъемного рулевого управления

Выходы насоса-дозатора А и В подключены к полостям силовых цилиндров 8, а входы Р и Т – соответственно к насосной установке и баку. Для определения углов поворота рулевого колеса и сошки 9 используются шкалы 10 и 11, а для визуального наблюдения за давлением рабочей жидкости в полостях цилиндров 8 – манометры 12, 13.

С помощью нагрузочного устройства 14 имитируется изменение усилия на рулевой сошке, т. е. сопротивление повороту управляемых колес.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством стенда гидрообъемного рулевого управления. Изучить порядок работы на стенде.

2. Проверить уровень масла в масляном баке.

3. Снять статическую характеристику (зависимость угла поворота рулевой сошки  $\alpha_{р.с.}$  от угла поворота рулевого колеса  $\alpha_{р.к.}$ ) ГОРУ с отключенным насосом питания. Для этого установить рулевую сошку 9, ориентируясь на шкалу 11, в положение, соответствующее прямолинейному движению. Затем, поворачивая рулевое колесо влево с шагом  $10^\circ$ , определять соответствующие углы поворота рулевой сошки. После перевода рулевой сошки в крайнее положение начать поворот вправо до исходного положения рулевого колеса.

4. Включить электродвигатель насосной станции и в течение 8...10 минут прогреть масло в ГОРУ.

5. Повторить пункт 3 при работающем насосе питания.

6. Снять силовую характеристику (зависимость усилия на рулевой сошке  $F_c$  от угла поворота рулевого колеса  $\alpha_{р.к.}$ ) ГОРУ с включенным насосом питания. Для этого необходимо, поворачивая рулевое колесо вправо с шагом  $10^\circ$ , определять соответствующее усилие на рулевой сошке с помощью динамометра 14.

7. Определить зависимость давления в полостях силового гидроцилиндра ГОРУ от угла поворота рулевого колеса при различных усилиях на рулевой сошке.

8. Повторить пункты 6, 7 при неработающем насосе питания.

9. Все снимаемые параметры заносятся в табл. 9.1.

Таблица 9.1

| № п/п                  | $\alpha_{p.k.}$ | $\alpha_{p.c.}$ | $F_c$ | $P_1$ | $P_2$ |
|------------------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|
|                        | град            | град            | кН    | МПа   | МПа   |
| включен насос питания  |                 |                 |       |       |       |
| выключен насос питания |                 |                 |       |       |       |

### Содержание отчета

1. Схема стенда гидрообъемного рулевого управления.
2. Таблица опытных данных.
3. Графическая зависимость угла поворота рулевой сошки от угла поворота рулевого колеса при работающем и неработающем насосе питания, т. е.  $\alpha_{p.c.} = f(\alpha_{p.k.})$ .
4. Силовые характеристики ГОРУ при работающем и неработающем насосе питания, т. е.  $F_c = f(P_1)$  при различном угле поворота рулевого колеса.
5. Выводы по работе.

### Контрольные вопросы

1. Основные виды рулевого управления мобильных машин.
2. Типы гидрообъемного рулевого управления.
3. Устройство и работа ГОРУ тракторов «Беларусь» и комбайна КСК-100.
4. Методика снятия характеристик рулевого управления на стенде.
5. От каких факторов зависит усилие на рулевом колесе трактора?

## Лабораторная работа № 10

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Цель работы:** исследование гидравлической части гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ-80 и его соответствия техническим условиям.

**Оборудование:** стенд для испытания гидроусилителей рулевого управления, манометры, термометр, прибор КИ-1097-1, регулируемый дроссель, плакаты.

#### Общие сведения

Гидроусилитель рулевого управления предназначен для уменьшения усилия на рулевом колесе при повороте трактора. Гидроусилитель трактора МТЗ-80 представляет собой рулевой механизм с червячной передачей и гидравлическими узлами (распределитель, предохранительный клапан, гидроцилиндр), расположенными в общем корпусе (рис. 10.1).

Если на рулевое колесо не воздействуют, золотник под действием пружины находится в нейтральном положении. Масло, нагнетаемое насосом, проходит по масляной магистрали и распределительными выступами золотника направляется маслопроводами на слив. Разность давления масла в штоковой и бесштоковой полостях  $p_1$  и  $p_2$  силового цилиндра не создается.

При повороте рулевого колеса вправо под действием сил, возникающих в зацеплении червяка и сектора, золотник смещается вперед. Масло из нагнетательной магистрали поступает в бесштоковую полость силового цилиндра, а из штоковой полости вытесняется поршнем на слив. Под действием давления масла поршень смещается, передвигает рейку, которая воздействует на зубчатый сектор и поворачивает вертикальный вал по ходу часовой стрелки. При повороте рулевого колеса влево произойдет смещение золотника назад. Масло из нагнетательной полости проходит в штоковую полость силового цилиндра, вызывая поворот вертикального вала против часовой стрелки.

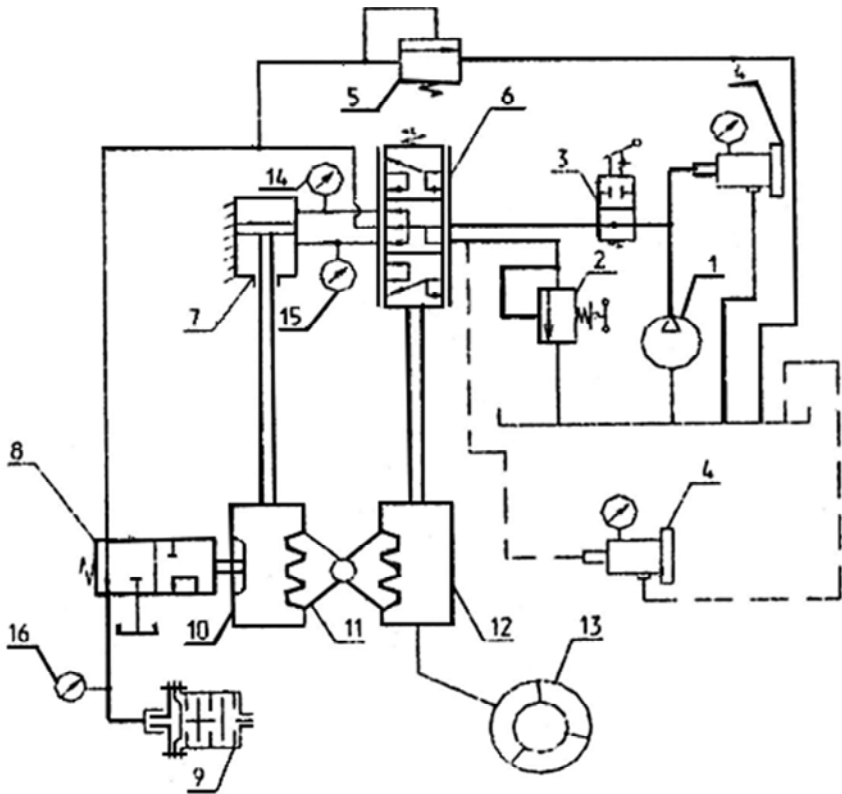


Рис. 10.1. Схема стенда для снятия характеристик гидроусилителя руля:

- 1 – шестеренчатый насос; 2 – предохранительный клапан;  
 3 – регулируемый дроссель; 4 – прибор КИ-1097-1; 5 – редукционный клапан;  
 6 – золотниковый распределитель; 7 – гидроцилиндр;  
 8 – датчик блокировки дифференциала; 9 – механизм блокировки дифференциала;  
 10 – рейка; 11 – сектор; 12 – червяк; 13 – рулевое колесо; 14, 15, 16 – манометры

Когда тракторист перестает воздействовать на рулевое колесо, поворот направляющих колес трактора прекращается. Это «следящее» действие механизма происходит вследствие того, что при прекращении вращения червяка зубчатый сектор продолжает поворачиваться, т. к. работает силовой цилиндр. В результате разрушается контакт зубьев червяка зубчатого сектора, прекращается силовое воздействие на золотник, и он возвращается в нейтральное положение. Гидроусилитель будет выключен.



При оценке качества работы гидроусилителя рулевого управления необходимо определить:

- объемную подачу насоса гидроусилителя;
- давление по предохранительному клапану;
- давление перепуска масла.

Для определения объемной подачи насоса гидроусилителя, по величине которой можно судить об утечках в насосе, прибор КИ-1097-1 включают в гидросистему рулевого управления так, чтобы вся рабочая жидкость, подаваемая насосом, проходила через прибор. Схема присоединения прибора КИ-1097-1 к гидросистеме усилителя рулевого управления приведена на рис. 10.1.

При определении утечек в насосе усилителя рулевого управления соединяют напорную гидролинию насоса с рукавом высокого давления полости прибора КИ-1097-1. Сливной рукав прибора соединяют с баком, свободно опустив его в заливную горловину. Перед проверкой технического состояния насоса регулируемым дросселем 3 необходимо перекрыть напорную гидролинию насоса, связывающую его с гидроусилителем, рукоятку прибора КИ-1097-1 поставить в положение «открыто» и нагреть рабочую жидкость гидросистемы до температуры 45...55 °С. Поворачивая рукоятку прибора по часовой стрелке, устанавливают давление 5 МПа. По шкале прибора определяют объемную подачу насоса. При определении подачи насоса необходимо показания прибора умножить на 0,27. Допускаемая подача насоса для трактора МТЗ-80 и его модификации – 10...12 л/мин. Если подача насоса меньше допустимой, его нужно заменить.

Для определения давления по предохранительному клапану необходимо установить рычаг управления автоматической блокировкой дифференциала в позицию «Выкл». Поворачивая рулевое колесо до упора влево и вправо, зафиксировать по манометрам 14, 15 давление на входе в гидроусилитель, ограничиваемый предохранительным клапаном. Давление по техническим условиям должно быть в пределах 7,5...8 МПа. Если давление окажется ниже допустимого или выше номинального значения, клапан регулируют. Для этого свинчивают колпачок, отпускают контргайку регулировочного винта и, удерживая рулевое колесо в крайнем положении до упора, ввертывают или вывертывают регулировочный винт до достижения номинального давления.

Расход рабочей жидкости через распределитель гидросистемы усилителя рулевого управления трактора определяется при тех же

температурных режимах. Для проверки расхода рабочей жидкости через распределитель гидроусилителя руля вывертывают из предохранительного клапана пробку и ввинчивают вместо нее штуцер, к которому присоединяют рукав напорной полости прибора КИ-1097-1 (на рис. 10.1 показана пунктирной линией). Сливной рукав прибора опускают в бак гидроусилителя. Вращая рукоятку прибора КИ-1097-1 по часовой стрелке, создают давление в гидросистеме 5 МПа и по отметке на шкале прибора против часовой стрелки определяют расход масла через клапан потока, умножив его показатель на 0,27. Расход масла через клапан потока должен быть не менее 10,5 л/с.

### **Порядок выполнения работы**

1. Используя плакаты, стенд, заводскую инструкцию по эксплуатации трактора МТЗ-80, изучить устройство и работу гидроусилителя рулевого управления и стенда.
2. Изучить методику исследования гидравлической части гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ-80.
3. Определить объемную подачу насоса, давление по предохранительному клапану, давление пропуска масла.

### **Содержание отчета**

1. Краткое описание назначения и принципа работы гидроусилителя рулевого управления.
2. Схема и описание установки для испытания гидроусилителя рулевого управления.
3. Методика определения параметров, характеризующих качество работы гидроусилителя рулевого управления.
4. Выводы по результатам расчета.

### **Контрольные вопросы**

1. Устройство и работа гидроусилителя рулевого управления.
2. Параметры оценки качества работы гидроусилителя рулевого управления.
3. Методика определения объемной подачи масляного насоса гидроусилителя рулевого управления.
4. Методика определения давления срабатывания предохранительного клапана.

## Лабораторная работа № 11

### СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ С ГИДРОУСИЛИТЕЛЕМ

**Цель работы:** ознакомиться с конструкцией и работой рулевого управления с гидроусилителем, снять характеристики рулевого управления трактора с гидроусилителем.

**Оборудование:** стенд рулевого управления с гидроусилителем (ГУР) тракторов МТЗ-80/82, динамометр, плакаты по устройству ГУР тракторов.

#### Общие сведения

Рулевые управления с гидроусилителем широко применяются на тракторах, автомобилях и других мобильных машинах. Они предназначены для поворота управляемых колес транспортных средств по заданной водителем траектории, обеспечивая при этом необходимое усиление выходной мощности за счет использования энергии жидкости, подаваемой в ГУР гидронасосом. Применение гидроусилителей облегчает условия и повышает производительность труда водителей транспортных средств, улучшает управляемость и устойчивость их движения и, следовательно, повышает безопасность движения в различных дорожных условиях.

К рулевым управлениям с гидроусилителями предъявляются следующие требования: высокое быстродействие и хорошее следящее действие; большая выходная мощность, необходимая для поворота транспортного средства; высокая надежность; стабильность рабочих характеристик и др.

ГУРы тракторов и автомобилей являются комбинированными системами автоматики, так как осуществляют регулирование по двум параметрам:

1) по углу поворота рулевого колеса (обеспечивают соответствие между углом поворота рулевого колеса и углом поворота управляемых колес);

2) по усилию (обеспечивают снижение усилия на рулевом колесе, сохраняя так называемое «чувство дороги», т. е. с возрастанием момента сил сопротивления повороту управляемых колес несколько возрастает и усилие на рулевом колесе).

Наличие гидравлической обратной связи по нагрузке является характерной особенностью ГУРов тракторов, автомобилей и других мобильных машин по сравнению с другими следящими гидроприводами, используемыми в различных отраслях машиностроения.

Рулевой механизм тракторов класса 1.4 состоит из червяка 4 (рис. 11.1) и сектора 7, ступица которого установлена на конических шлицах поворотного вала 21. На конические шлицы нижнего конца поворотного вала посажена сошка 18. Сектор и сошку затягивают и стопорят от осевых перемещений гайками 8 и 19.

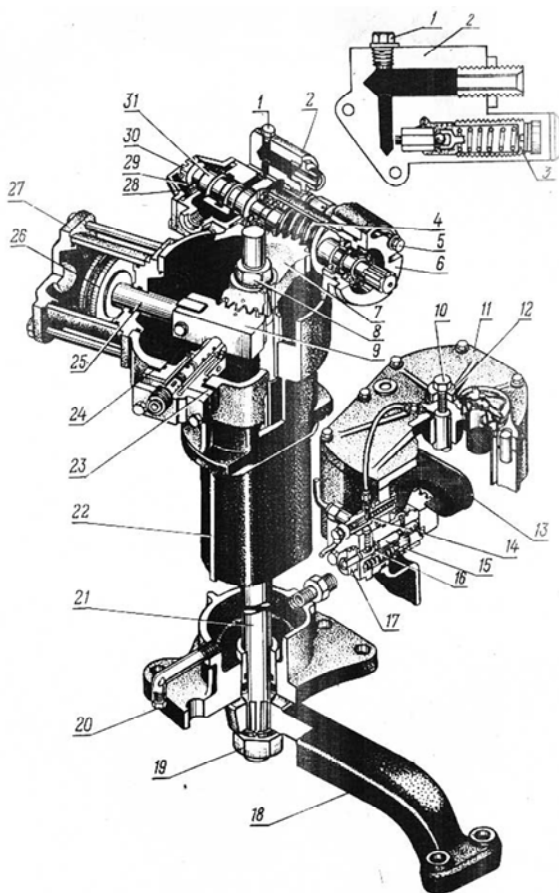


Рис. 11.1. Гидроусилитель рулевого управления трактора

Сектор имеет два зубчатых венца, один из которых зацепляется с червяком, а другой – с рейкой 9, связанной пальцем со штоком 25 поршня 26 гидроусилителя. Запрессованный в шток палец установлен в отверстия проушин рейки с небольшим зазором, что позволяет рейке перемещаться.

Поворотный вал 21 установлен на трех опорах: двух втулках в корпусе и одной в крышке 11. Червяк 4 размещен на двух шариковых подшипниках в эксцентриковой регулировочной втулке 6. Он может перемещаться в осевом направлении относительно втулки благодаря подвижной посадке в ней наружных колец подшипников. На конце червяка закреплен золотник 31 распределителя.

Корпус распределителя закреплен в корпусе гидроусилителя ГУР болтами. С двух сторон золотника установлены специальные упорные шариковые подшипники 28, которые затягивают сферической гайкой 30. Червяк 4 и золотник 31 перемещаются в осевом направлении как одно целое. При этом, благодаря наличию радиальных и упорных подшипников, червяк может свободно вращаться вокруг своей оси.

Для перемещения золотника осевое усилие на червяке должно обеспечивать сжатие всех трех пружин ползунов, что имеет место, когда сопротивление повороту колес увеличивается и в работу включается гидроусилитель. Если сопротивление повороту колес небольшое, то усилие на червяке невелико и пружины ползунов удерживают золотник в среднем (нейтральном) положении, поворот колес обеспечивается только рулевым механизмом без включения в работу гидроусилителя.

В этом случае вращение от рулевого колеса передается на сошку 18 червяком 4 через сектор 7 и поворотный вал 21, а поток масла от насоса проходит через распределитель на слив в корпус 22 гидроусилителя, внутренняя полость которого служит баком гидросистемы рулевого управления трактора. При увеличении сопротивления повороту колес осевое усилие на червяке превышает предварительного сжатия пружин ползунов, центрирующих золотник распределителя.

Внутренние кольца упорных подшипников перемещают золотник в осевом направлении, и поток масла направляется в одну из полостей цилиндра, передвигая поршень со штоком и рейкой, которая и поворачивает зубчатый сектор 7 и поворотный вал 21. Когда воз-

действие на рулевое колесо прекращается, золотник возвращается пружинами в нейтральное положение и поворот колес прекращается.

В корпусе ГУР установлен фильтр 13. Сливают масло через отверстие, закрываемое пробкой 20. Часть масла, поступающего на слив в корпус гидроусилителя, отводится через подводящий маслопровод и верхнюю крышку 2 для смазывания верхней опоры поворотного вала 21. В клапанной крышке 2 распределителя находится предохранительный шариковый клапан, ограничивающий давление в гидросистеме.

В обычных условиях работы давление масла в гидросистеме рулевого управления находится в пределах 2–4 МПа. При больших вертикальных нагрузках на передние колеса, например, при агрегатировании трактора с машинами фронтальной навески, давление в системе может повышаться до величины срабатывания предохранительного клапана.

Тогда масло, минуя цилиндр, поступает в сливную магистраль.

Датчик автоматической блокировки дифференциала (АБД) трактора МТЗ-80, МТЗ-82 предназначен для включения/выключения блокировки дифференциала заднего моста трактора МТЗ в зависимости от угла поворота рулевого колеса, а также принудительного включения/выключения независимо от поворота направляющих колес.

Работу гидроусилителя иллюстрирует рис. 11.2.

Если оператор не поворачивает рулевое колесо, золотник 8 находится в нейтральном положении; при этом масло, подаваемое насосом 13, протекая по кольцевым каналам корпуса золотника, возвращается обратно в бак, минуя полости силового цилиндра 7. При повороте рулевого колеса вправо или влево из-за сопротивления колеса 16 удерживают сектор 15, и червяк 14 вместе с надетым на него золотником 8 продвинется в пределах имеющегося зазора из нейтрального положения соответственно вперед или назад по ходу трактора. В каждом из этих двух крайних положений золотник открывает и перекрывает соответствующие каналы, давая возможность маслу под давлением поступать либо в полость А, либо в полость Б силового цилиндра.

При повороте рулевого колеса вправо масло направляется золотником в полость Б цилиндра, из полости же А цилиндра масло через золотник сливается в бак. Давление потока масла со стороны полости Б приведет в движение поршень 6, и он, перемещаясь, потянет за собой рейку 4, которая повернет вал 1 сошки и колеса 16 вправо.

При повороте рулевого колеса влево золотник 8 сместится назад по ходу трактора, масло от насоса поступит в полость А цилиндра 7, а из полости Б масло сливается в бак. Поршень 6, перемещаясь назад, повернет переднее колесо влево. Поворот колес с помощью гидросилителя возможен только при непрерывном вращении рулевого колеса. Когда же водитель прекратит поворот рулевого колеса, поршень 6 еще несколько переместится и через рейку 4 и сектор 15 повернет червяк 14, устанавливая золотник 8 в нейтральное положение. В случае повышения давления в гидросистеме предохранительный клапан 12 перепускает масло из нагнетательного канала в сливной 11.

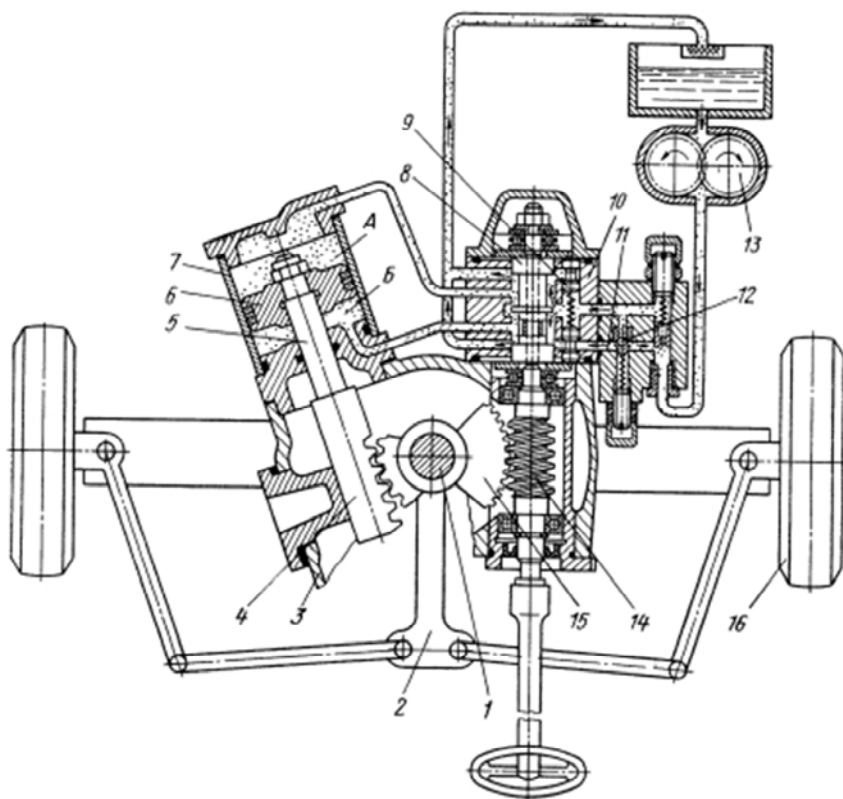


Рис. 11.2. Схема работы ГУР

## Описание установки

Стенд ГУР состоит (рис. 11.3) из рамы 1, на которой установлен передний мост 2 трактора МТЗ-80 с гидроусилителем рулевого управления 3. Управляемые колеса 4 трактора опираются на площадки 5 рамы стенда. Рулевое колесо 6 соединено карданной передачей с ГУРом. Для определения усилия на рулевом колесе используется динамометр 7. Включение и выключение стенда осуществляется кнопками 8 и 9. С помощью стрелочных манометров 10 определяются давления рабочей жидкости в муфте 11 автоматической блокировки дифференциала (АБД) заднего моста трактора, в штоковой и бесштоковой полостях гидроцилиндра ГУРа и на входе в ГУР. Выбор режимов работы АБД осуществляется рукояткой 12 (по аналогии с ходовым трактором МТЗ-80/82). Для определения углов поворота рулевого колеса и управляемых колес используются шкалы 13 и 14. С помощью нагрузочного устройства 15 имитируется изменение нормальных реакций на управляемых колесах. Усилие прижима переднего моста трактора к опорным площадкам 5 рамы стенда определяется динамометром 16. Электродвигатель 17 приводит в действие гидронасос НШ-10 18, питающий гидравлическую систему стенда.

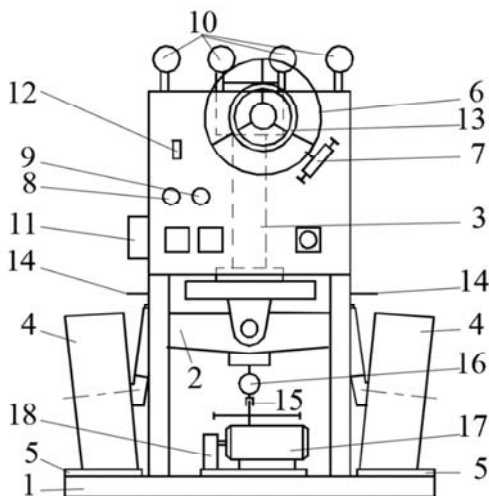


Рис. 11.3. Стенд ГУР



## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством стенда и гидроусилителя рулевого управления. Изучить порядок работы на стенде.

2. Проверить давление воздуха в шинах управляемых колес трактора (должно быть в пределах 0,14...0,25 МПа) и уровень масла в корпусе ГУР.

3. В соответствии с указанием преподавателя установить усилие прижима переднего моста трактора к опорным площадкам рамы стенда (по показанию динамометра *1б*).

4. Снять статическую характеристику (зависимость угла поворота одного из управляемых колес  $\alpha_{v,k}$  от угла поворота рулевого колеса  $\alpha_{p,k}$  рулевого управления с отключенным ГУРом. Для этого управляемые колеса установить, ориентируясь на угловые шкалы *14*, в положение, соответствующее прямолинейному движению трактора. Люфт в рулевом управлении (определяется на рулевом колесе) распределить равномерно относительно этого положения. Затем, поворачивая рулевое колесо вправо с шагом  $30^\circ$ , определять соответствующие углы поворота управляемого колеса трактора. После перевода рулевого колеса в крайнее правое положение начать, не отпуская рулевое колесо, поворот влево. Аналогично, после перевода рулевого колеса в крайнее левое положение начать поворот вправо и продолжать его до перевода управляемых колес в среднее положение. Полученная характеристика должна иметь вид петли, т. е. вид характеристики с люфтом или зазором. Характеристика является неоднозначной.

По статической характеристике определить передаточное число рулевого управления:

$$i_{p,y} = \frac{\alpha_{p,k}}{\Delta\alpha_{y,k}},$$

где  $\Delta\alpha_{y,k}$  – изменение угла поворота управляемого колеса при повороте рулевого колеса на угол  $\alpha_{p,k}$ .

5. Включить электродвигатель стенда и в течение 8...10 минут прогреть масло в ГУРе.

6. При неработающем ГУРе снять статическую характеристику рулевого управления по усилию, т. е. зависимость усилия на руле-

вом колесе от угла его поворота. Снять не менее 6 точек характеристики при каждом из 3-х значений усилий прижима переднего моста трактора к опорным площадкам рамы стенда.

7. Снять статическую характеристику рулевого управления по усилию при работающем ГУРе (по методике, изложенной в п. 6, и при тех же значениях усилия прижима переднего моста к раме стенда).

8. Определить зависимость давлений в полостях гидроцилиндра ГУРа от угла поворота рулевого колеса при различных усилиях прижима (2 значения) переднего моста к раме стенда и при повороте рулевого колеса вправо и влево от нейтрального положения на угол  $180^\circ$ .

9. С использованием результатов, полученных при выполнении пунктов 6 и 7, определить коэффициент усиления ГУРа для двух-трех режимов работы (по указанию преподавателя).

**Примечание.** Пункты 3–9 выполняются выборочно по указанию преподавателя.

### Содержание отчета

1. Схема стенда рулевого управления с ГУРом.
2. Таблицы опытных данных.
3. Графическая зависимость угла поворота управляемого колеса от угла поворота рулевого колеса, т. е.  $\alpha_{v,k} = f(\alpha_{p,k})$ .
4. Статические характеристики рулевого управления по усилию на рулевом колесе при неработающем и при работающем ГУРе, построенные на одном графике.
5. Статические характеристики по давлению в полостях гидроцилиндра.
6. Выводы по работе.

### Контрольные вопросы

1. Устройство и работа ГУР тракторов «Беларусь».
2. Устройство стенда ГУР и порядок работы на стенде.
3. Методики снятия характеристик рулевого управления на стенде.
4. От каких факторов зависит усилие на рулевом колесе трактора?
5. Как определить передаточное число рулевого управления?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богдан, Н. В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин / Н. В. Богдан. – Минск, 2002. – 426 с.
2. Васильченко, В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин : справочник / В. А. Васильченко. – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.
3. Воспуков, В. К. Гидравлические и пневматические схемы сельскохозяйственных машин : справочное пособие / В. К. Воспуков. – Минск: Вышэйшая школа, 1985. – 141 с.
4. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмошины и передачи: учеб. пособие для вузов / А. Ф. Андреев [и др.], под ред. В. В. Гуськова. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 310 с.
5. Гуревич, Л. В. Пневматический тормозной привод автотранспортных средств / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1988. – 224 с.
6. Метлюк, Н. Ф. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей / Н. Ф. Метлюк, В. П. Автушко. – М.: Машиностроение, 1980. – 231 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 3  |
| Лабораторная работа № 1. Элементы пневмоаппаратуры тормозных систем мобильных машин .....                          | 4  |
| Лабораторная работа № 2. Исследование рабочих процессов пневматических мембранных силовых устройств.....           | 23 |
| Лабораторная работа № 3. Снятие статической характеристики регулятора тормозных сил .....                          | 29 |
| Лабораторная работа № 4. Исследование работы регулятора давления пневматического привода.....                      | 35 |
| Лабораторная работа № 5. Исследование следящего действия пневматического привода тормозов тракторного поезда ..... | 43 |
| Лабораторная работа № 6. Исследование быстродействия пневматического тормозного привода.....                       | 49 |
| Лабораторная работа № 7. Определение расходной характеристики тормозного крана пневматического привода .....       | 56 |
| Лабораторная работа № 8. Снятие статической характеристики тормозного крана с пневмоусилением.....                 | 62 |
| Лабораторная работа № 9. Гидрообъемное рулевое управление .....  | 69 |
| Лабораторная работа № 10. Исследование гидравлической части гидроусилителя рулевого управления .....               | 79 |
| Лабораторная работа № 11. Снятие характеристик рулевого управления с гидроусилителем.....                          | 83 |
| Литература .....   | 91 |

Учебное издание

## **ГИДРОПНЕВМООБОРУДОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ МАШИН**

Лабораторный практикум  
для студентов специальностей

1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины»,

1-37 01 03 «Тракторостроение»,

1-37 01 05 «Электрический и автономный транспорт»,

1-61 01 01-01 «Промышленный дизайн (транспортных средств)»

Составители:

**РАХЛЕЙ** Андрей Иванович

**ПОВАРЕХО** Александр Сергеевич

**ГУСЬКОВ** Валерий Владимирович

Редактор *А. С. Мокрушников*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 27.10.2020. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,41. Уч.-изд. л. 4,23. Тираж 100. Заказ 1105.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.