

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и
транспортно-технологических машин и комплексов»

для студентов направления подготовки

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(Направленность (профиль) «Автомобили и автомобильное хозяйство»)

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО» предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов. Включают содержание и методику выполнения восьми лабораторных работ по изучению и определению на стендовых установках характеристик рабочих процессов гидротрансформатора и агрегатов пневматического тормозного привода автомобилей. Указания содержат требования к оформлению отчетов и указания по технике безопасности.

Составители: д-р техн. наук, профессор Б.С. Науменко
 ст. преподаватель В.В. Мелешин

Рецензент: канд. техн. наук, доцент А.Г. Бабич

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1	
ГИДРОТРАНСФОРМАТОР	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2	
ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНОГО КРАНА	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНОГО КРАНА	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4	
ИСПЫТАНИЯ РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ.....	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ.....	37
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6	
НАЗНАЧЕНИЕ КЛАПАНА ОГРАНИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7	
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНА ОГРАНИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ...	53
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8	
КЛАПАН УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ ПРИЦЕПА ПРИ ДВУХПРОВОДНОМ ПРИВОДЕ	61
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	67

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ГИДРОТРАНСФОРМАТОР

1.1 Цель работы

- 1 Составить конструктивные схемы гидротрансформаторов легкового автомобиля и городского автобуса.
- 2 Найти активные диаметры гидротрансформаторов.

1.2 Теоретическое обоснование

Гидротрансформатор состоит из расположенных в одном корпусе лопастных колес – насосного, соединенного с валом двигателя, турбинного, соединенного с выходным валом, и реактора (одного или нескольких), соединенного с неподвижным корпусом.

Насосное колесо получает энергию от двигателя и посредством своих лопаток сообщает ее потоку жидкости. Поток обтекает лопасти турбинного колеса, приводит его во вращение и сообщает при этом энергию, используемую на выходном валу для преодоления сопротивления.

Реактор служит для поворота вектора скорости выходящего из турбины колеса потока жидкости таким образом, чтобы он совпадал с направлением вектора скорости входа насосного колеса. Благодаря этому часть энергии, которой обладает поток жидкости после выхода из турбинного колеса, отдается насосу, что приводит к эффекту увеличения момента M_t на турбинном колесе по сравнению с моментом M_n , подводимым к насосу.

Момент, приложенный к насосу, определяется зависимостью

$$M_n = \lambda_n \rho D_a^5 \omega_n^2,$$

где λ_n – коэффициент момента насосного колеса; ρ – плотность жидкости; D_a – активный диаметр гидropередачи; ω_n – угловая скорость насосного колеса.

Коэффициент момента лопастного колеса является функцией передаточного отношения

$$i = \frac{\omega_T}{\omega_n},$$

где ω_T – угловая скорость турбинного колеса.

Активный диаметр гидropередачи D_a – это максимальный диаметр круга циркуляции жидкости.

Отношение крутящего момента на турбинном колесе к моменту на насосном колесе называется коэффициентом трансформации момента:

$$K_T = \frac{M_T}{M_n}.$$

Благодаря наличию реактора у гидротрансформатора $K_T > 1$ (при определенных условиях).

Подробное описание устройства современных автомобильных гидротрансформаторов содержится в [1.8.2] и [1.8.3]. Рабочий процесс, характеристики и свойства гидротрансформаторов подробно описаны в [1].

1.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) гидротрансформаторы легкового автомобиля и городского автобуса (в ауд. С-407 имеются гидромеханические передачи автомобиля Ауди и автобуса ЛиАЗ-677);
- 2) разобранные лопастные системы;
- 3) линейка длиной не менее 400мм.

1.4 Указания по технике безопасности

- 1 Каждый студент должен выполнять ту и только ту работу, которая ему поручается преподавателем или учебным мастером.
- 2 Стенды с изучаемыми агрегатами должны располагаться так, чтобы обеспечивался проход шириной не менее 1 м с любой стороны стенда.
- 3 Не допускается передвигать или наклонять стенды с закрепленными на них агрегатами.
- 4 Запрещается производить действия, связанные с вращением агрегатов или узлов, без преподавателя или учебного мастера.
- 5 Из-за разрезов, выполненных в деталях, корпуса и колеса гидротрансформаторов не уравновешены. Поэтому при изучении устройства лопастных систем необходимо обеспечить их надежную фиксацию от поворота.
- 6 Кромки лопаток некоторых колес очень острые. Поэтому при изучении лопастных систем необходимо соблюдать осторожность, чтобы не порезаться.
- 7 Запрещается самостоятельная, без контроля со стороны учебного мастера или преподавателя, разборка и сборка агрегатов.
- 8 Запрещается производить измерения на агрегатах, установленных на стендах. Измерения выполняются только на заранее снятых деталях.

1.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Соблюдая изложенные в п. 1.4 меры безопасности под руководством преподавателя, ознакомиться с устройством гидротрансформаторов. Обратить внимание на следующие особенности конструкций:
 - 1) соединение насосного колеса с корпусом гидротрансформатора;
 - 2) соединение корпуса гидротрансформатора с двигателем;
 - 3) соединение насосного колеса с валом коробки передач;

- 4) соединение турбинного колеса с валом коробки передач;
 - 5) количество и способ установки реакторов;
 - 6) форму лопаток колес и углы выхода лопастных систем;
 - 7) устройство блокировки гидротрансформатора;
 - 8) направляющее кольцо лопастных систем;
 - 9) способ герметизации полости гидротрансформатора;
 - 10) насосы, обеспечивающие подпитку полости гидротрансформатора.
- 2 Измерить активные диаметры гидротрансформаторов.
 - 3 Составить конструктивные схемы гидротрансформаторов.

1.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) конструктивные схемы гидротрансформаторов, на которых указаны названия всех элементов, обозначены моменты и угловые скорости, показан активный диаметр и приведено его значение, показано направление циркуляции потока жидкости, показан фрикцион блокировки (если он есть);
- 4) краткое описание конструктивных схем.

Рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

1.7 Вопросы для защиты работы

- 1 Чем отличается гидротрансформатор от гидромуфты?
- 2 Какие гидротрансформаторы называются комплексными?
- 3 Зачем реакторы устанавливают на обгонных муфтах?

- 4 Каковы (приблизительно) наибольшие значения коэффициентов трансформации в выполненных конструкциях?
- 5 Каково назначение направляющего кольца?
- 6 Почему после гидротрансформатора устанавливается ступенчатая коробка передач?
- 7 Зачем в гидротрансформаторе городского автобуса два реактора?
- 8 Зачем нужно подпитывать гидротрансформатор от внешнего насоса?
- 9 Каковы требования к маслам, применяемым в гидромеханических передачах?
- 10 При каких условиях гидротрансформатор переходит на режим гидромукты?
- 11 Найдите выражение для КПД гидротрансформатора через i и K_T . Как будет выглядеть это выражение в случае гидромукты?
- 12 Каких максимальных значений достигают КПД гидротрансформаторов? На каких режимах?
- 13 Изобразите качественный ход зависимостей $\lambda_n(i)$, $K_T(i)$, $\eta_{гт}(i)$ ($\eta_{гт}(i)$ – КПД гидротрансформатора) для комплексного гидротрансформатора и для гидромукты.
- 14 Возможно ли торможение двигателя при наличии гидротрансформатора в трансмиссии?
- 15 Возможен ли запуск двигателя с буксира, если автомобиль имеет гидромеханическую передачу? При каких особенностях устройства гидромеханической передачи возможен запуск двигателя с буксира?
- 16 Как (и почему) влияет наличие гидротрансформатора на:
 - а) тягово-скоростные свойства автомобиля;
 - б) топливную экономичность;
 - в) проходимость?
- 17 Как можно проверить исправность обгонной муфты, на которой установлен реактор?

- 18 Какое влияние оказывает гидротрансформатор на режимы работы двигателя?
- 19 Каким образом должны быть согласованы характеристики гидротрансформатора с характеристиками двигателя?
- 20 Изобразите траекторию движения элемента жидкости в гидротрансформаторе. Выделите переносное и относительное движение.
- 21 Изобразите развертку лопастных систем гидротрансформатора по средней линии потока циркуляции жидкости. Покажите векторы абсолютных скоростей жидкости на входе и выходе каждого колеса. Разложите векторы абсолютных скоростей на переносную и относительную составляющие.
- 22 Что такое прозрачность гидротрансформатора? Какую прозрачность имеют гидротрансформаторы, применяемые на автомобилях?
- 23 Каким образом осуществляется блокировка гидротрансформатора? Возможно ли применение на автомобилях гидротрансформаторов без блокировки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНОГО КРАНА

2.1 Цель работы

Построить статически характеристики двухсекционного тормозного крана автомобилей семейства КамАЗ.

2.2 Теоретическое обоснование

Статические характеристики тормозного крана – это зависимости давлений на выходах секций тормозного крана от координаты, характеризующих положение его рычага.

Вид статических характеристик следящих поршневых пневматических механизмов зависит от многих факторов: размеров поршней и клапанов, параметров пружин, характеристик трения деталей, материалов клапанов и седел. Из-за сухого трения деталей и условий герметичной посадки клапанов статическая характеристика может не быть однозначной: на ней появляется зона нечувствительности (рисунок 2.1). При одном и том же значении координаты α рычага выходное давление p может принимать интервал значений. На рисунке 2.1 зона нечувствительности выделена штриховкой. Заметим, что границы 1, 2 области $p(\alpha)$ не обязательно прямолинейные – прямолинейными всегда будут границы области $p(Q)$, где Q – внешняя приводная сила. Реализация функции $p(\alpha)$ в каком-либо одном эксперименте будет лежать внутри области, ограниченной линиями 1 и 2 (пунктирная линия на рисунке 2.1).

Влияние трения и условий герметичной посадки клапанов на вид статической характеристики рассмотрим на примере следующего поршневого пневмоаппарата, расчетная схема которого показана на рисунке

2.2. В качестве входной величины будем рассматривать усилие Q , приложенное к поршню 1. (В тормозном кране усилие от рычага передается на поршень через пружину хода. Однако зависимость усилия пружины хода от ее деформации – однозначная монотонно возрастающая функция, поэтому вместо координаты рычага можно рассматривать усилие, сообщаемое этим рычагом поршню.)

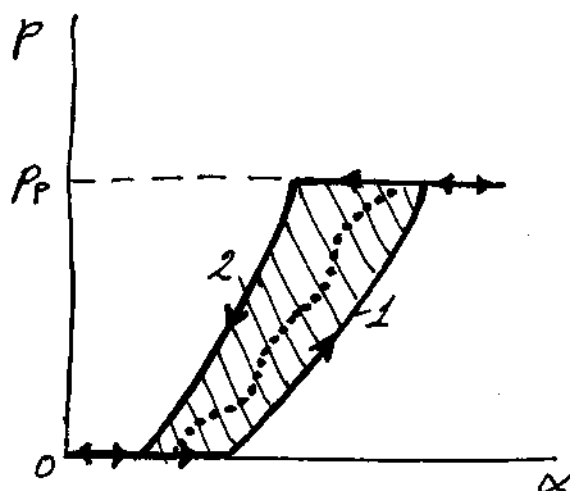
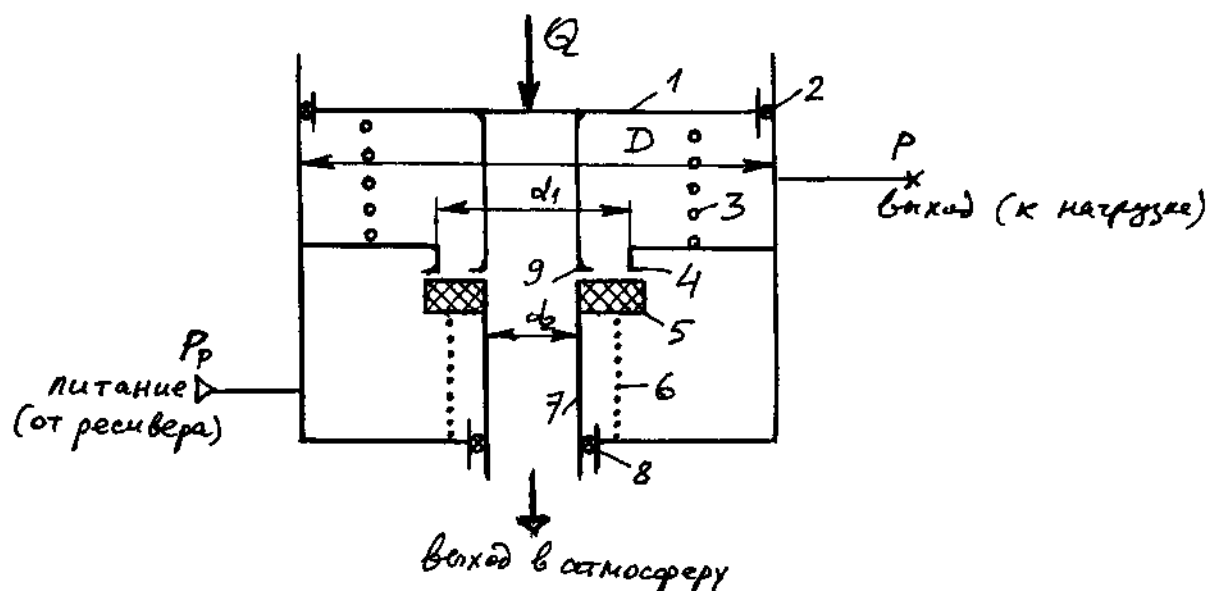


Рисунок 2.1 – Статическая характеристика поршневого следящего аппарата:
1 – линия торможения; 2 – линия растормаживания; p_p – давление питания

Пусть в начале имело место равновесное состояние, т. е. $Q = \text{const}$ и $p = \text{const}$. Ясно, что при этом и впускной и выпускной клапаны закрыты, т. е. тарелка клапана 5 прижата одновременно к седлам 4 и 9. Условия герметичной посадки клапанов имеют вид

$$R_1 \geq R_{1\min}, \quad R_2 \geq R_{2\min}, \quad (2.1)$$

где R_1, R_2 – реакции тарелки 5 на седла 4 и 9 соответственно, а $R_{1\min}$ и $R_{2\min}$ – минимальные значения реакций, при которых обеспечивается герметическая посадка клапанов.



1 – поршень; 2, 8 – уплотнительные кольца; 3 – возвратная пружина; 4 – седло впускного клапана; 5 – клапан; 6 – пружина клапана; 7 – полый шток; 9 – седло выпускного клапана

Рисунок 2.2 – Расчетная схема следящего поршневого пневмоаппарата

Экспериментальные исследования показали, что минимальное давление на седло, обеспечивающее герметичную посадку клапана равно

$$q_{\min} = a + k\Delta p, \quad (2.2)$$

где a , k – коэффициенты, зависящие от твердости резины клапана, $a = 0,2...0,45$ МПа, $k = 0,98...0,66$ (большим значением a соответствуют меньшее значение k); Δp – разность давлений в полостях, разъединяемых клапаном.

Так как впускной и выпускной клапаны имеют одну и ту же тарелку (см. рисунок 2.2), a и k для них одинаковы. Для выпускного клапана

$$\Delta p = p_p - p, \quad (2.3)$$

где p_p – давление питания (давление в питающих пневмоаппарат ресиверах), а p – выходное давление.

Для впускного клапана

$$\Delta p = p \quad (2.4)$$

(здесь и далее все давления – избыточные).

С учетом (2.2) – (2.4) можем переписать неравенства (2.1) в виде

$$R_1 \geq f_1 [a + k(p_p - p)], \quad (2.5)$$

$$R_2 \geq f_2 (a + kp), \quad (2.6)$$

где f_1, f_2 – площади седел впускного и выпускного клапанов,

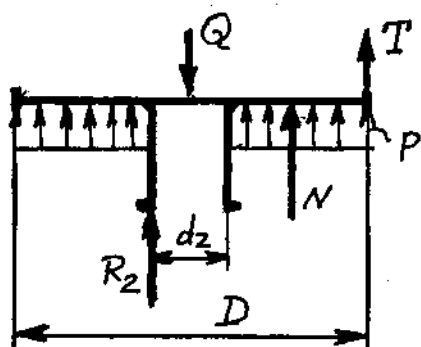
$$f_i = \pi d_i b_i, \quad i = 1, 2; \quad (2.7)$$

d_i, b_i – средний диаметр и ширина седла впускного (при $i = 1$) и выпускного (при $i = 2$) клапанов.

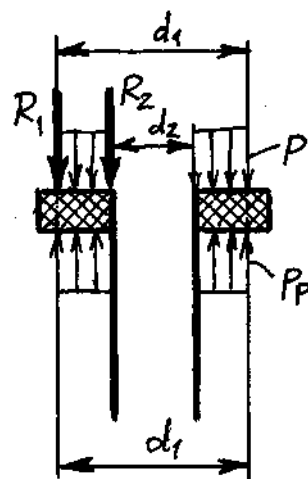
Нарушение выполнения неравенства (2.5) означает, что впускной клапан начинает пропускать воздух. Нарушение выполнения (2.6) означает, что воздух из выходной полости через выпускной клапан выходит в атмосферу.

Итак, в начальный момент времени $Q = \text{const}$, $p = \text{const}$ и одновременно выполняются неравенства (2.3) и (2.6).

Пусть сила Q начинает очень медленно возрастать. Поршень 1 (см. рисунок 2.2) при этом опускается вниз, преодолевая усилие возвратной пружины 3, усилие от выходного давления, реакцию со стороны тарелки 5 клапана на седло 9 и силу трения уплотнения 2 о стенки цилиндра. Сила трения направлена вверх при движении поршня вниз (рисунок 2.3 а). При увеличении силы Q реакция R_2 увеличивается, а реакция R_1 уменьшается (рисунок 2.3 б). Детали при этом перемещаются в пределах упругой деформации тарелки клапана. Рано или поздно R_1 уменьшится до уровня $R_{1\min}$ и впускной клапан приоткроется; сжатый воздух из ресивера начнет поступать в выходную полость.



а) поршень



б) клапан

Распределенные окружности силы R_1 , R_2 , N , T замещены сосредоточенными силами

Рисунок 2.3 – Схемы сил, действующих на поршень и клапан

Считая, что детали перемещаются достаточно медленно и пренебрегая усилием пружины 6 и трением полого штока 7 (соответствующие силы поэтому и не показаны на рисунке 2.3, б), можем записать

$$Q = p(F - F_2) + N + T + R_2, \quad (2.8)$$

$$R_1 + R_2 + p(F_1 - F_2) = p_p(F_1 - F_2), \quad (2.9)$$

где $F = \pi D^2 / 4$ – площадь поршня 1; D – диаметр поршня; $F = \pi d_i^2 / 4$; N – усилие возвратной пружины 3; T – сила трения уплотнения 2 (см. рисунок 2.2).

Сложив (2.8) и (2.9), получим

$$Q + R_1 + pF_1 = pF + p_p(F_1 - F_2) + N + T,$$

отсюда

$$R_1 = p(F - F_1) - Q + p_p(F_1 - F_2) + N + T. \quad (2.10)$$

Поставив в (2.10) правую часть (2.5), получаем уравнение зависимости давления от приводного усилия при торможении (т. е при увеличении силы Q):

$$p = \frac{Q - p_p(F_1 - F_2 - f_1 k) - N - T + f_1 a}{F - F_1 + f_1 k}. \quad (2.11)$$

Уравнение (2.11) описывает линию торможения.

Теперь пусть сила Q начинает медленно уменьшаться от некоторого постоянного значения. Поршень смещается вверх (в пределах упругих деформаций тарелки клапана), реакция R_2 уменьшается. Состояние медленно перемещающегося поршня описывается уравнением

$$Q = p(F - F_2) + N - T + R_2, \quad (2.12)$$

которое отличается от (2.8) знаком при T , так как теперь сила трения направлена вниз. Подставив в (2.12) правую часть (2.6), получаем уравнение зависимости давления от приводного усилия при растормаживании (т. е. при уменьшении силы Q):

$$p = \frac{Q - N + T - f_2 a}{F - F_2 + f_2 k}. \quad (2.13)$$

Заметим, что (2.11) и (2.13) справедливы только при медленном измерении Q и p .

Если поршень уплотняется резиновым кольцом, то можно считать $T = \text{const}$. (В случае манжетного уплотнения T зависит от давления.)

Усилие N возвратной пружины также можно считать постоянным, так как при медленных процессах смещения поршня от равновесного положения они малы.

При таких допущениях наклоны линий торможения и растормаживания будут равны соответственно.

$$\frac{1}{F - F_1 + f_1 k} \quad \text{и} \quad \frac{1}{F - F_2 + f_2 k},$$

а сами линии будут прямыми.

Для диафрагментального тормозного крана, у которого впускной и выпускной клапаны выполнены одинаковыми (тормозной кран ЗИЛ-130), а сила трения равна нулю, нечувствительность постоянна и не превышает

1...2% значений приводной силы при давлениях, близких к давлению питания $p(p_p = 0,65...0,75 \text{ МПа})$.

Для тормозного крана КамАЗ, имеющего кольцевые уплотнения и впускной клапан большего размера, чем выпускной, статическая характеристика (зависимость p от Q , а не от α !) имеет вид практически параллельных прямых линий, между которыми лежит зона нечувствительности. Нечувствительность в этом тормозном кране составляет 12...15 % от приводной силы при $p_p = 0,65 \text{ МПа}$, т. е. гораздо больше, чем у диафрагменного тормозного крана.

Заметим, что зона нечувствительности будет не нулевой, даже при полном отсутствии трения – это следует из (2.11) и (2.13).

Если пренебречь трением и размерами клапанов ($T \rightarrow 0$, $d_1 \rightarrow 0$, $d_2 \rightarrow 0$), то (2.11) и (2.13) переходят в

$$p = \frac{Q - N}{F}. \quad (2.14)$$

Приближение (2.14) часто используется, когда нужно выяснить качественный характер зависимости p от Q .

Выше была рассмотрена зависимость выходного давления p от приводной силы Q : получилась область с прямолинейными границами. Если пружина хода имеет линейную характеристику, то переход от $p(Q)$ и $p(\alpha)$ равносильно изменению масштаба оси абсцисс: границы области $p(\alpha)$ также будут прямолинейными. Если же характеристика пружины хода нелинейная, то границы области $p(\alpha)$ будут криволинейными (как показано на рисунке 2.1).

Из рассмотренного примера видно, что получаемая в эксперименте характеристика будет зависеть от того, с какой скоростью и в каком направлении изменяется угол поворота рычага тормозного крана.

Кроме того, значения выходного давления зависят и от давления питания (в формулу (2.11) входит давление питания p_p).

Статические соотношения (2.8) и (2.9) справедливы только при медленных перемещениях деталей. Но если выходное давление будет изменяться быстро, то такое допущение может оказаться неверным; неверными окажутся и (2.8) и (2.9). Очевидно, что скорость изменения выходного давления зависит от объема приборов, подключенных к выходам секций тормозного крана.

Таким образом, при испытаниях тормозного крана необходимо:

- 1) контролировать не только угол поворота рычага и выходные давления секций, но и давление питания;
- 2) снимать характеристики при плавном увеличении угла поворота рычага (торможение) и при плавном уменьшении угла (растормаживание);
- 3) провести испытания при разных объемах приборов, подключенных к секциям тормозного крана.

Схема установки для испытаний тормозного крана показана на рисунке 2.4. Питание установки сжатым воздухом осуществляется компрессором 2, который приводит электродвигателем 1. Давление питания регулируется регулятором 3, выход которого соединен с ресивером 4, предназначенным для конденсации влаги. Воздух из ресивера 4 может быть сброшен в атмосферу через кран 21. Кран 20 служит для слива конденсата из ресивера 4. Питающая часть установки выполнена в виде отдельного блока, соединенного трубопроводом 5 с ресивером 18, установленным на стенде.

Питание обеих секций испытуемого тормозного крана 16 осуществляется из ресивера 18 через кран 17. Давление p_p в ресивере 18 контролируется с помощью манометра 19. К выходам верхней и нижней секций испытуемого тормозного крана присоединены баллоны 13 и 14 объемом V_1 и V_2 (техническими условиями предписано $V_1 = V_2 = 1\text{л}$). Выходные давления секций p_1 и p_2 измеряются манометрами 12 и 15.

Соединения выходов секций тормозного крана с баллонами и манометрами выполнены гибкими шлангами; предусмотрена возможность изменения объемов V_1 и V_2 путем соединения секций тормозного крана с другими емкостями.

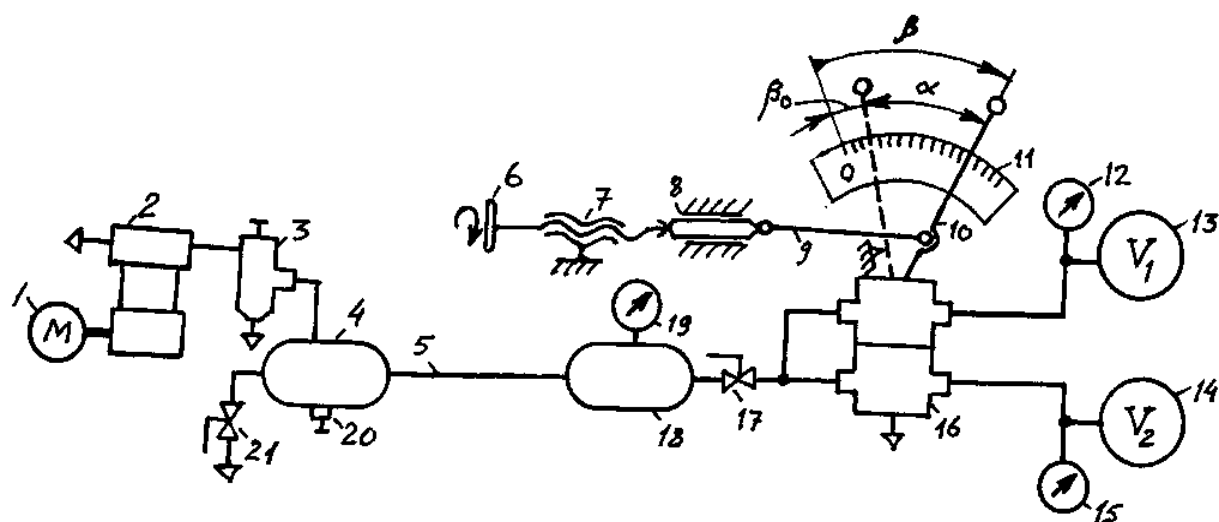


Рисунок 2.4 – схема для испытаний двухкамерного тормозного крана

Привод рычага 10 испытуемого тормозного крана – механический. Усилие на рычаг 10 от маховика 6 передается через винтовой механизм 7, толкатель 8 и тягу 9. Предусмотрена возможность непосредственного перемещения рычага. Рычаг 10 снабжен стрелкой, позволяющей по шкале 11 определять угловую координату β рычага и угол α поворота рычага из полностью расторможенного состояния.

2.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) установка для испытаний пневмоаппаратов (в лаборатории 111С);
- 2) тормозной кран автомобиля КамАЗ;
- 3) набор гаечных ключей.

2.4 Указания по технике безопасности

- 1 Каждый студент должен выполнять те и только те действия, которые ему поручает преподаватель или учебный мастер.
- 2 Запрещается проведение лабораторной работы в отсутствие учебного мастера.
- 3 Перед проведением лабораторной работы учебный мастер должен проверить:
 - 1) исправность заземления питающей части стенда;
 - 2) исправность привода компрессора;
 - 3) исправность компрессора и регулятора давления;
 - 4) состояние резьбовых соединений шлангов и приборов;
 - 5) отсутствие утечек сжатого воздуха;
 - 6) исправность привода рычага тормозного крана;
 - 7) наличие и исправность гаечных ключей.
- О результатах проверки учебный мастер обязан сообщить преподавателю, проводящему лабораторную работу.
- 4 Перед началом работы должен быть обеспечен свободный доступ к стенду.
- 5 Запрещается прислоняться к стендам и ограждениям.
- 6 Студенты должны находиться не ближе 1 м от компрессора и электродвигателя.
- 7 Студентам запрещается включать привод компрессора. Включение и выключение привода компрессора производит преподаватель или учебный мастер; перед включением преподавателем подается команда «Включить компрессор».
- 8 Запрещается прикасаться к трубопроводам и приборам, находящимся под давлением, а также к подвижным частям стенда.
- 9 Монтаж схемы, а также все действия, связанные с изменением схемы измерительной установки, выполняются учебным мастером. Перед

выполнением монтажных операций необходимо убедиться, что на измерительную схему или ее часть, в которой производятся монтажные операции, не подводится сжатый воздух.

- 10 При возникновении аварийных ситуаций или отклонений от нормального хода выполнения работы (искрение или возгорание электропроводки, перегрев двигателя или компрессора, выход из строя регулятора давления, обрыв пневматических соединений, утечки сжатого воздуха, механические поломки, подтекание жидкостей, появление посторонних запахов, ухудшение освещения и т. д.) необходимо сразу поставить в известность преподавателя и учебного мастера и отключить электропитание двигателя.

2.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Собрать схему согласно рисунку 2.4 (выполняется учебным мастером). Верхнюю секцию тормозного крана соединить с баллоном емкостью $V_1 = 5\text{л}$. Нижнюю секцию соединить только с каким-либо манометром; при этом будет $V_2 \approx 0$.
- 2 Под руководством преподавателя ознакомиться с установкой. Проверить правильность сборки схемы по рисунку 2.4. Выяснить, какой манометр показывает:
 - а) давление питания p_p ;
 - б) выходное давление верхней секции тормозного крана p_1 ;
 - в) выходное давление нижней секции p_2 .

Ознакомиться с указателем угловой координаты β рычага тормозного крана. Определить и записать значение β_0 , которое соответствует полностью расторможенному состоянию.

- 3 Определить метрологические показатели манометров, используемых для измерения давлений p_1 и p_2 (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Манометры для измерения выходных давлений

Обозначение измеряемого давления	Единицы измерения	Предел измерений	Класс точности	Цена деления	Абсолютная погрешность
p_1					
p_2					

- 4 Перед началом пневматических испытаний при отсутствии питания на входах тормозного крана несколько раз переместить рычаг тормозного крана до упора, воздействуя на сам рычаг, а не на маховичок винтового привода. Угол поворота рычага должен быть не менее 18° ; при перемещениях рычага не должно быть заеданий, а сам он должен быстро возвращаться в исходное положение.
- 5 Включить компрессор. Дождавшись срабатывания регулятора давления (перехода на режим разгрузки), выключить компрессор.
- 6 Переместить рычаг до упора и зафиксировать его положение винтовым приводом. Выходные давления p_1 и p_2 должны увеличиться до давления питания p_p . Не должно быть утечек воздуха через атмосферный вывод тормозного крана и из-под защитного чехла.
- 7 Переместить рычаг в исходное положение, соответствующее полностью расторможенному состоянию. Сброс воздуха в атмосферу должен происходить только через атмосферное отверстие тормозного крана.
- 8 Плавнo вращая маховичок привода рычага в сторону увеличения угла β (что соответствует процессу торможения), увеличить значение угла β на 1° . После того как показания манометров установятся, занести значения координаты β и давлений p_1 и p_2 в таблицу измерений (таблица 2.2; в таблице должно быть примерно 20 строк).

Таблица 2.2 – Статические характеристики тормозного крана при $V = \dots$ Л

торможение				растормаживание			
β°	α°	$p_1^\circ, \dots$	$p_2^\circ, \dots$	β°	α°	$p_1^\circ, \dots$	$p_2^\circ, \dots$

- 9 Повторять действия по п. 8 до тех пор, пока выходное давление какой-либо секции не станет равным давлению питания. Давление питания поддерживать в пределах 0,6...0,7 МПа (6...7 кгс/см²). Сделать эскиз характерного переходного процесса $p_1(t)$ при торможении (t – время).
- 10 Плавно вращая маховичок привода в направлении уменьшения β , уменьшить значение координаты β на 1° (процесс растормаживания начинать из положения, в котором либо p_1 , либо p_2 равно давлению питания p_p). После того как показания манометров установятся, занести значения β , p_1 , p_2 в таблицу 2.2. (значения β в таблице 2.2 при торможении и растормаживании никак не связаны между собой. При растормаживании ряд β начинается с больших значений.)
- 11 Повторять действия по п. 10 до тех пор, пока выходные давления обеих секций не станут равными нулю. Давление питания поддерживать в пределах 0,6...0,7 МПа (6...7 кгс/см²). Сделать эскиз характерного переходного процесса $p_1(t)$ при растормаживании.
- 12 Убедившись, что давление на выходах секций тормозного крана равны нулю, подключить к выходу верхней секции вместо баллона емкостью 5л вход какого-либо пневмоаппарата из установленных на стенде (чем обеспечивается $V_1 \approx 0$). Выход этого аппарата должен быть заглушен. (Выполняется учебным мастером.)
- 13 Повторить действие по п. 7–11. Данные записать в отдельную таблицу измерений, соответствующую $V_1 = 0$.

14 Рассчитать значения углов α поворота рычага тормозного крана по формуле

$$\alpha = \beta - \beta_0,$$

где β_0 – значение угловой координаты β в полностью расторможенном состоянии (см. п. 2).

15 Построить графики $p_1(\alpha)$ и $p_2(\alpha)$ (см. п. 2.6).

2.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) схему установки (см. рисунок 2.4); питающую часть можно не показывать; на схеме должны быть приведены названия всех элементов;
- 4) таблицу с метрологическими данными манометров (таблица 2.1);
- 5) таблицы измерений (таблица 2.2) (должно быть две таблицы: одна для $V_1 = 5\text{л}$, другая для $V_1 = 0$); в заголовках таблиц должны быть указаны размерности величин;
- 6) эскизы переходных процессов $p_1(t)$ при торможении и растормаживании;
- 7) графики $p_1(\alpha)$ и $p_2(\alpha)$, причем для каждого значения V_1 графики должны быть построены на отдельном рисунке; графики $p_1(t)$ должны быть расположены над графиками $p_2(t)$; экспериментальные точки, соответствующие процессам торможения и растормаживания, должны различаться;
- 8) краткое описание полученных зависимостей $p_1(\alpha)$ и $p_2(\alpha)$.

Таблицы и рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

2.7 Вопросы для защиты

- 1 Насколько полно соответствуют условия проведенных испытаний условиям работы тормозного крана на автомобиле?
- 2 Каково назначение тормозного крана?
- 3 Какими тормозами управляет верхняя секция тормозного крана? А нижняя?
- 4 В чем состоит качественное различие полученных при $V_1 = 5\text{л}$ и $V_1 = 0$ статических характеристик?
- 5 Какова зависимость между выходными давлениями верхней и нижней секций?
- 6 Зависят ли выходные давления секций от давления питания?
- 7 В чем состоит принципиальная разница переходных процессов при торможении и растормаживании, наблюдавшихся при $V_1 = 5\text{л}$ и $V_1 = 0$?
- 8 Какие еще испытания тормозного крана надо провести, чтобы дать заключение об его исправности?
- 9 Можно ли в каких-то случаях считать $p_1(\alpha)$ однозначной функцией?
- 10 Почему зависимости $p_1(\alpha)$, $p_2(\alpha)$ получаются нелинейными?
- 11 Почему при малых α давления p_1 и p_2 равны нулю?
- 12 Почему не совпадают линии торможения и растормаживания?
- 13 Оцените зону нечувствительности по углу поворота рычага при выходных давлениях, близких к давлению питания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНОГО КРАНА

3.1 Цель работы

- 1 Составить расчетную схему двухсекционного тормозного крана автомобиля КамАЗ.
- 2 Составить уравнения статики для секций тормозного крана.
- 3 Выяснить влияние различных факторов (регулировки, неисправности) на статические характеристики.

3.2 Теоретическое обоснование

Лабораторная работа 3 является продолжением лабораторной работы 2. Поэтому для выполнения работы 3 необходимо знание теоретических обоснований лабораторной работы 2 (см. п. 2.2).

Устройство тормозного крана автомобилей семейства КамАЗ подробно описано практически в любом учебнике по устройству автомобилей, поэтому здесь описание устройства не приводится.

Расчетная схема тормозного крана должна быть такой, чтобы с ее помощью можно было составлять уравнения и анализировать рабочий процесс тормозного крана в разных условиях.

Уравнения статики в данной работе нужны не для выполнения расчетов, а для качественного анализа различных процессов. Поэтому при составлении уравнений статики можно пренебрегать трением и размерами клапанов (и, следовательно, реакциями клапанов на седла).

3.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) тормозной кран автомобиля КамАЗ;
- 2) тормозной кран автомобиля КамАЗ с выполненными в нем разрезами деталей;
- 3) набор слесарного инструмента;
- 4) тиски;
- 5) обтирочные материалы;
- 6) сборочный чертеж тормозного крана.

3.4 Указания по технике безопасности

- 1 Разборка и сборка тормозного крана требуют определенных слесарных навыков, поэтому студентам запрещается выполнять эти операции. Разборка и сборка тормозного крана выполняется только учебным мастером согласно инструкции [3.8.6]. Разбираемые тормозные краны должны быть предварительно очищены, промыты, просушены и протерты.
- 2 При ознакомлении с устройством тормозного крана необходимо соблюдать осторожность, чтобы не пораниться об острые края деталей.
- 3 Если при выполнении работы возникают трудности с разъединением или соединением сопрягаемых деталей, необходимо сразу же обратиться к преподавателю или учебному мастеру. Категорически запрещается применение в этом случае посторонних предметов.
- 4 Студентам запрещается производить действия, связанные с деформацией возвратных пружин и стопорных колец.
- 5 После окончания работы все агрегаты, детали, инструменты и материалы должны быть сданы учебному мастеру. После окончания работы необходимо вымыть руки с мылом.

3.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Соблюдая меры безопасности, изложенные в п. 3.4, под руководством преподавателя ознакомиться с устройством тормозного крана. Обратит внимание на:
 - 1) узел рычага тормозного крана;
 - 2) пружину хода;
 - 3) следящий поршень верхней секции;
 - 4) возвратную пружину верхней секции;
 - 5) седла впускного и выпускного клапанов верхней секции;
 - 6) клапанный узел верхней секции;
 - 7) большой и малый поршни нижней секции;
 - 8) способ привода большого и малого поршней нижней секции;
 - 9) возвратную пружину нижней секции;
 - 10) седла впускного и выпускного клапанов нижней секции;
 - 11) клапанный узел нижней секции;
 - 12) атмосферное отверстие тормозного крана;
 - 13) регулировки в тормозном кране.
- 2 Найти выводы к ресиверам и выходные выводы секций.
- 3 Составить расчетную схему тормозного крана.
- 4 Составить уравнения статики для верхней и нижней секций.
- 5 Изобразить качественный ход зависимостей выходных давлений секций от
 - а) усилия пружины хода;
 - б) угла поворота рычага.

3.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;

- 2) цель работы;
- 3) расчетную схему тормозного крана, на которой должны быть указаны названия всех элементов и обозначены все входящие в уравнения статики величины;
- 4) уравнения статики верхней и нижней секций;
- 5) графики, отображающие качественный ход зависимостей выходных давлений от усилия пружины хода и угла поворота рычага;
- 6) краткое объяснение хода полученных зависимостей.

Рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

3.7 Вопросы для защиты работы

- 1 Каково назначение пружины хода? Почему в других следящих пневмоаппаратах ее нет?
- 2 Изобразите качественный ход зависимости усилия пружины хода от ее деформации.
- 3 Как изменится вид статических характеристик тормозного крана, если пружина хода
 - а) будет жестче;
 - б) потеряет упругость?
- 4 Каково назначение возвратных пружин секций?
- 5 На каких деталях выполнены седла клапанов?
- 6 Каково назначение пружин, поджимающих клапаны?
- 7 По каким деталям центрируются полые штоки клапанных узлов?
- 8 Какие детали тормозного крана обеспечивают отрицательную связь по давлению (т. е. следящее действие)? В каких случаях?
- 9 Почему графики $p_1(\alpha)$, $p_2(\alpha)$ не проходят через начало координат?
- 10 Чем объясняется нелинейность характеристик?

- 11 Почему $p_2 < p_1$? Сравните с результатами лабораторной работы 2.
- 12 На графиках $p_1(\alpha)$, $p_2(\alpha)$ нарисуйте характеристики для случаев, когда работает только
- а) верхняя секция;
 - б) нижняя секция.
- 13 Какими будут внешние проявления следующих неисправностей:
- 1) повреждение уплотнения поршня верхней секции;
 - 2) повреждение уплотнения большого поршня нижней секции;
 - 3) повреждение седла впускного клапана верхней секции;
 - 4) повреждение седла выпускного клапана верхней секции;
 - 5) повреждение седла впускного клапана нижней секции;
 - 6) повреждение седла выпускного клапана нижней секции;
 - 7) заедание полого штока клапанного узла;
 - 8) поломка возвратной пружины;
 - 9) поломка пружины, поджимающей клапанный узел?
- 14 Какие регулировки предусмотрены в тормозном кране? Как они изменяют вид характеристик?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ИСПЫТАНИЯ РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ

4.1 Цель работы

Построить статические характеристики динамического регулятора тормозных сил (РТС) лучевого типа.

4.2 Теоретическое обоснование

Статические характеристики динамического РТС – это семейство зависимостей выходного давления, p_2 от входного p_1 , причем каждая зависимость семейства снимается при постоянном положении рычага РТС. Таким образом, выходное давление p_2 динамического РТС является функцией двух переменных: входного давления p_1 и угла δ поворота рычага.

При испытаниях РТС подключают к схеме, показанной на рисунке 4.1. Питание схемы осуществляется от питающей части установки (см. рисунок 2.1). Давление питания p_p контролируется манометром 1. Тормозной кран 2, установленный на стенде, при испытаниях РТС используется как задатчик входного давления p_1 для используемого РТС 4, который подключен к верхней секции тормозного крана. Входное давление РТС измеряется манометром 3. К выходу РТС подключен баллон 7 емкостью V_1 (техническими условиями предписано $V_1 = 1\text{л}$). Выходное давление p_2 РТС измеряется манометром 8. Угол δ поворота рычага 5 РТС отсчитывается по шкале 6. К выходу нижней секции тормозного крана подключены баллон 9 и манометр 10, однако при испытаниях РТС нижняя секция не используется.

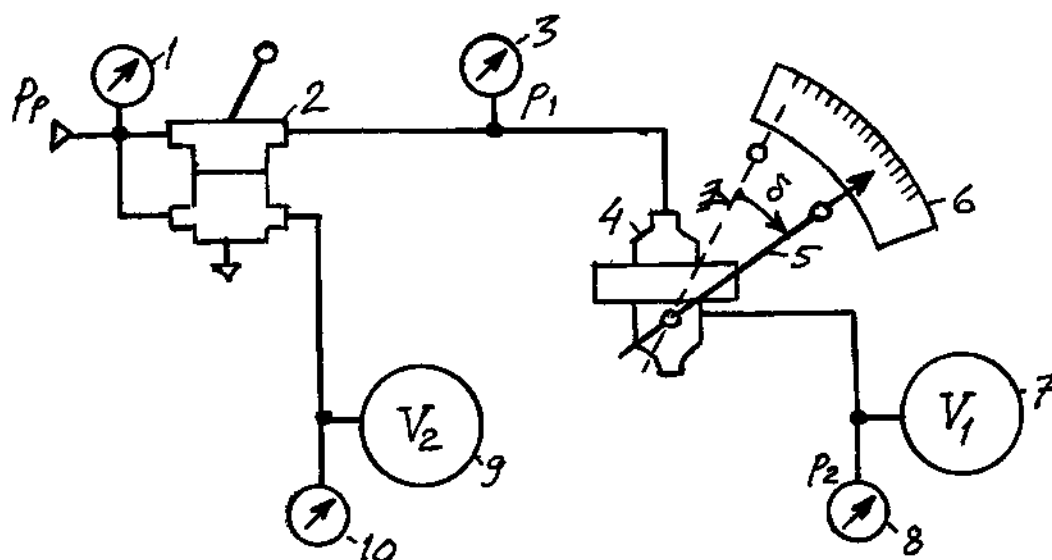


Рисунок 4.1 – Схема для испытаний РТС

Каждую зависимость (характеристику) $p_2(p_1)$ при постоянном δ необходимо снимать как при торможении (плавно увеличивая p_1), так и при растормаживании (плавно уменьшая p_1). Это требование вытекает из соображений, изложенных в теоретическом обосновании лабораторной работы 2 (см. п. 2.2).

4.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) установка для испытаний пневмоаппаратов (в лаборатории 111С);
- 2) регулятор тормозных сил автомобиля КамАЗ;
- 3) набор гаечных ключей.

4.4 Указания по технике безопасности

- 1 Каждый студент должен выполнять те и только те действия, которые ему поручает преподаватель или учебный мастер.

- 2 Запрещается проведение лабораторной работы в отсутствие учебного мастера.
- 3 Перед проведением лабораторной работы учебный мастер должен проверить:
 - 1) исправность заземления питающей части стенда;
 - 2) исправность привода компрессора;
 - 3) исправность компрессора и регулятора давления;
 - 4) состояние резьбовых соединений шлангов и приборов;
 - 5) отсутствие утечек сжатого воздуха;
 - 6) исправность привода рычага тормозного крана;
 - 7) наличие и исправность гаечных ключей.

О результатах проверки учебный мастер обязан сообщить преподавателю, проводящему лабораторную работу.

- 4 Перед началом работы должен быть обеспечен свободный доступ к стенду.
- 5 Запрещается прислоняться к стендам и ограждениям.
- 6 Студенты должны находиться не ближе 1 м от компрессора и электродвигателя.
- 7 Студентам запрещается включать привод компрессора. Включение и выключение привода компрессора производит преподаватель или учебный мастер; перед включением преподавателем подается команда «Включить компрессор».
- 8 Запрещается прикасаться к трубопроводам и приборам, находящимся под давлением, а также к подвижным частям стенда.
- 9 Монтаж схемы, а также все действия, связанные с изменением схемы измерительной установки, выполняются учебным мастером. Перед выполнением монтажных операций необходимо убедиться, что на измерительную схему или ее часть, в которой производятся монтажные операции, не подводится сжатый воздух.

10 При возникновении аварийных ситуаций или отклонений от нормального хода выполнения работы (искрение или возгорание электропроводки, перегрев двигателя или компрессора, выход из строя регулятора давления, обрыв пневматических соединений, утечки сжатого воздуха, механические поломки, подтекание жидкостей, появление посторонних запахов, ухудшение освещения и т. д.) необходимо сразу поставить в известность преподавателя и учебного мастера и отключить электропитание двигателя.

4.4 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Собрать схему согласно рисунку 4.1 (выполняется учебным мастером). К выходам нижней секции тормозного крана и испытуемого РТС подключить только манометры (т. е. обеспечить $V_1 \approx V_2 \approx 0$).
- 2 Под руководством преподавателя проверить правильность сборки схемы согласно рисунку 4.1. Выяснить, какой манометр показывает
 - а) давление питания p_p ;
 - б) входное давление РТС p_1 ;
 - в) выходное давление РТС p_2 .

Разобраться с указателем угловой координаты δ рычага РТС.

- 3 Определить и записать погрешности измерения давлений p_1 и p_2 .
- 4 Включить компрессор. Дождавшись срабатывания регулятора давлений, выключить компрессор.
- 5 Подать на вход РТС давление, равное давлению питания p_p , переместив рычаг тормозного крана в крайнее положение и зафиксировав его винтовым приводом. Проверить легкость перемещения рычага РТС: рычаг должен поворачиваться вверх и вниз от упора до упора без заеданий. При этом давление p_2 на выходе РТС должно изменяться в пределах от p_1 до

- примерно $p_1/4$. При отсутствии воздействия рукой на рычаг РТС он должен оставаться в том положении, в котором его оставили.
- 6 Подав на вход РТС постоянное давление 0,3...0,6 МПа (3...6 кгс/см²), переместить рычаг РТС на верхний упор; при этом выходное давление будет равно входному. Плавно перемещая рычаг из верхнего положения, найти значение δ_0 угла поворота рычага, при котором выходное давление начинает уменьшаться. Повторить опыт не менее трех раз. Записать найденные значения δ_0 . Уменьшить давление на входе РТС до нуля.
 - 7 Установить рычаг РТС в положение, соответствующее $\delta = 20^\circ$ (направление отсчета угла δ – от верхнего упора, т. е. при $\delta = 0$ выходное и входное давление равны). Плавно и медленно вращая винт привода тормозного крана в направлении увеличения давления (процесс торможения), увеличить входное давление РТС на 0,05...0,1 МПа (0,5...1 кгс/см²). После того, как показания манометров установятся, убедившись, что положение рычага РТС не изменилось, записать значения входного (p_1) и выходного (p_2) давлений в таблицу 4.1.
 - 8 Повторять действия по п. 7 до тех пор, пока входное давление p_1 не сравняется с давлением питания p_p . Давление p_p должно быть не менее 0,6 МПа при необходимости увеличить давление питания, включив компрессор. Измерения проводить при выключенном компрессоре. Число точек характеристики должно быть не менее шести.
 - 9 Плавно и медленно вращая винт привода тормозного крана в сторону уменьшения давлений (растормаживание), уменьшить давление p_1 на 0,05...0,1 МПа (0,5...1 кгс/см²). После того, как показания манометров установятся, убедившись в том, что положение рычага РТС не изменилось, занести значения p_1 и p_2 в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Статические характеристики РТС

$\delta = 20^\circ$				$\delta = 30^\circ$				$\delta = 40^\circ$				$\delta = \dots^\circ$			
Тормо- жение		Растор- маживание		Тормо- жение		Растор- мажи- вание		Тормо- жение		Растор- мажива- ние		Тормо- жение		Растор- мажива- ние	
$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$	$p_1,$	$p_2,$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

- 10 Повторять действия по п. 9 до тех пор, пока давление p_1 не станет равным нулю. Должно быть не менее шести точек статической характеристики при растормаживании.
- 11 Повторить действия по п.п. 7–10 для углов $\delta = 30^\circ$, $\delta = 40^\circ$ и наибольшего значения δ (когда рычаг РТС лежит на нижнем упоре). Данные заносить в таблицу 4.1.
- 12 По данным таблицы 4.1 построить семейство характеристик $p_2(p_1)$.

4.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) схему установки (см. рисунок 4.1); на схеме должны быть указаны названия всех ее элементов;
- 4) погрешность измерения давлений;
- 5) значение δ_0 угла поворота рычага РТС, при котором начинается уменьшение входного давления;
- 6) таблицу измерений (таблица 4.1);

7) графики $p_2(p_1)$, построенные по результатам измерений на одном рисунке; масштабы по осям p_1 и p_2 должны быть одинаковым: 20мм – 0,1 МПа (1 кгс/см²);

8) краткое описание полученных зависимостей.

Рисунки и таблица должны иметь названия. В заголовке таблицы должны быть указаны размерности давлений.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТМО».

4.7 Вопросы для защиты работы

- 1 Каково назначение динамического РТС?
- 2 Какова область применения РТС лучевого типа?
- 3 Каким образом осуществляется воздействие на рычаг РТС на автомобиле?
- 4 Как реагирует РТС на изменение
 - а) загрузки автомобиля;
 - б) замедления при торможении?
- 5 Во сколько раз может РТС уменьшить входное давление?
- 6 Насколько полно условия проведенных испытаний соответствуют условиям работы РТС на автомобиле?
- 7 Можно ли по результатам проведенных испытаний сделать заключение об исправности данного РТС?
- 8 Какими линиями следует аппроксимировать экспериментальные данные?
- 9 Можно ли утверждать, что зону нечувствительности РТС можно не учитывать?
- 10 Построенные характеристики $p_2(p_1)$ дополните характеристикой, соответствующей углами $\delta < \delta_0$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРА ТОРМОЗНЫХ СИЛ

5.1 Цель работы

- 1 Составить расчетную схему РТС автомобиля КамАЗ.
- 2 Построить зависимости коэффициента модуляции от угла поворота рычага РТС по экспериментальным данным и по результатам расчета.

5.2 Теоретическое обоснование

Коэффициент модуляции РТС – это отношение входного давления p_1 к выходному давлению p_2 :

$$K = \frac{p_1}{p_2}. \quad (5.1)$$

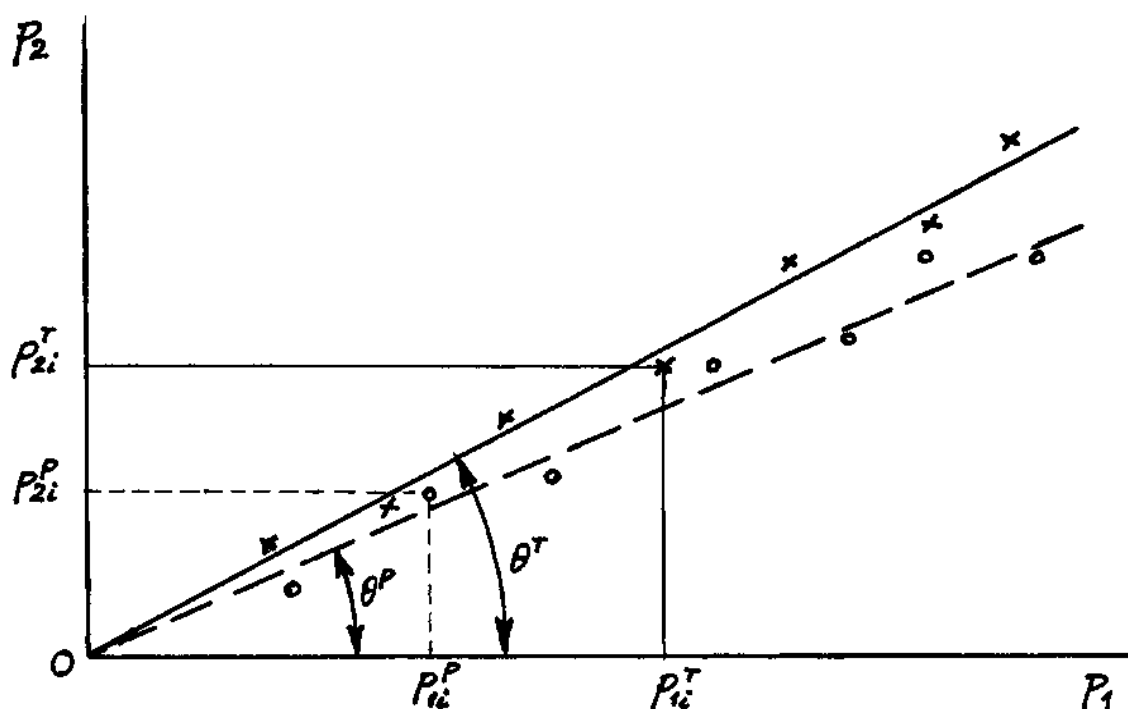
Коэффициент модуляции показывает во сколько раз РТС ослабляет входное давление.

По экспериментальным данным коэффициент модуляции находится следующим образом.

Экспериментальные данные (полученные в лабораторной работе 4) для какого-то конкретного значения угла δ аппроксимируются прямыми, проходящими через начало координат (рисунок 5.1); причем аппроксимация производится отдельно для данных торможения и растормаживания. Сглаженные значения выходного давления при торможении и растормаживании:

$$\bar{p}_2 = a^T p_1, \quad \bar{p}_2 = a^P p_1, \quad (5.2)$$

где a^T , a^P — наклоны сглаженных зависимостей $p_2(p_1)$ соответственно при торможении и растормаживании (на рисунке 5.1 показаны углы наклона θ^T и θ^P ; при одинаковых масштабах по осям p_1 , p_2 , $a^T = \operatorname{tg} \theta^T$ и $a^P = \operatorname{tg} \theta^P$).



экспериментальные точки: x – торможение; o – растормаживание;

сглаженные зависимости: ————— – торможение;

----- – растормаживание

Рисунок 5.1 – Определение значения коэффициента модуляции для одного значения угла рычага по экспериментальным данным

Наклоны a^T и a^P находятся по методу наименьших квадратов:

$$a^T = \frac{\sum_{i=1}^{n^T} p_{1i}^T p_{2i}^T}{\sum_{i=1}^{n^T} (p_{1i}^T)^2}, \quad a^P = \frac{\sum_{i=1}^{n^P} p_{1i}^P p_{2i}^P}{\sum_{i=1}^{n^P} (p_{1i}^P)^2}, \quad (5.3)$$

где p_{1i}^T , p_{2i}^T – значения входного и выходного давлений в i -й экспериментальной точке процесса торможения; p_{1i}^P и p_{2i}^P – то же для процесса растормаживания; n^T и n^P – число экспериментальных точек процессов торможения и растормаживания при каком-либо одном значении угла δ . (Значения всех величин, входящих в формулы (5.3), берутся из таблицы 4.1 при одном и том же значении δ .) По формулам (5.3) последовательно рассчитываются a^T и a^P для всех значений δ , для которых снимались характеристики.

Экспериментальные коэффициенты модуляции при торможении и растормаживании вычисляются по формулам

$$K_9^T = \frac{1}{a^T}, \quad K_9^P = \frac{1}{a^P}. \quad (5.4)$$

Теперь найдем выражения для коэффициента модуляции через параметры (размеры и т. д.) РТС.

Заметим, что

- 1) ребра поршня и корпусной вставки имеют форму трапеций (см. [11] или [7]);
- 2) передача движения от вала РТС к толкателю (полому штоку) осуществляется синусным механизмом;
- 3) углы поворота вала РТС от горизонтали до обоих упоров одинаковы.

Учитывая эти факты, получаем выражение для активного диаметра диафрагмы:

$$D_a = d_{\Pi} - \frac{D_p - \alpha_{\Pi}}{\sin \frac{\delta_m}{2} + \sin(\frac{\delta_m}{2} - \delta_0)} \left[\sin \gamma - \sin \left(\frac{\delta_m}{2} - \delta_0 \right) \right], \quad (5.5)$$

где d_{Π} – диаметр поршня, расположенного во входной полости РТС; D_p – наружный диаметр ребер поршня; δ_m – угол поворота вала и рычаг РТС из одного крайнего положения в другое (т.е. от упора до упора); δ_0 – значение

угла поворота рычага РТС, при котором начинается ослабление входного давления (т. е. модуляция); γ – угол, образованный кривошипом привода полого штока с горизонталью,

$$\gamma = \frac{\delta_m}{2} - \delta; \quad (5.6)$$

δ – угол поворота вала и рычага РТС, отчитываемый от крайнего верхнего положения рычага.

Формулы (5.5) и (5.6) описывают зависимость D_a от δ при $\delta_0 \leq \delta \leq \delta_m$. Легко видеть, что при $\delta = \delta_0$ $D_a = d_{\pi}$, а при $\delta = \delta_m$ $D_a = D_p$.

При $0 \leq \delta \leq \delta_0$

$$D_a = d_{\pi} \quad (5.7)$$

Если пренебречь трением поршня и размерами клапанов (и, следовательно, их реакциями), то

$$K = \begin{cases} 1 & \text{при } 0 \leq \delta \leq \delta_0, \\ \left(\frac{D_a}{d_{\pi}}\right)^2 & \text{при } \delta_0 \leq \delta \leq \delta_m. \end{cases} \quad (5.8)$$

Учтем размеры клапанов, но при допущении

$$q_{\min} = 0, \quad (5.9)$$

где $q_{\min}$ – минимальное давление клапана на седло, обеспечивающее герметичную посадку клапана на седло (см. 2.2 в лабораторной работе 2). Трением по-прежнему пренебрегаем. При таких допущениях коэффициент модуляции при торможении

$$K^T = \frac{D_a^2 - d_1^2}{d_{\pi}^2 - d_1^2}, \quad (5.10)$$

где d_1 – средний диаметр седла впускного клапана. При растормаживании коэффициент модуляции равен

$$K^p = \frac{D_a^2 - d_2^2}{d_{\Pi}^2}, \quad (5.11)$$

где d_2 – средний диаметр седла выпускного клапана.

Формулы (5.10) и (5.11) выводятся из условий герметичности соответственно впускного и выпускного клапанов. Эти формулы справедливы при $\delta \geq \delta_0$, в противном случае $K^T = K^p = 1$.

5.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) РТС автомобиля КамАЗ, причем РТС должен быть той же модификации, что и РТС, испытания которого проводились в лабораторной работе 4;
- 2) РТС автомобиля КамАЗ с выполненными в нем разрезами деталей;
- 3) набор слесарного инструмента;
- 4) штангенциркуль;
- 5) обтирочные материалы;
- 6) сборочный чертеж РТС.

5.4 Указания по технике безопасности

- 1 Детали разбираемого РТС должны быть предварительно очищены и промыты (выполняется учебным мастером).
- 2 Соответствие и исправность используемых инструментов должны быть до начала работы проверены учебным мастером.
- 3 Запрещается проведение работы в отсутствие учебного мастера.
- 4 Разборка и сборка РТС производятся под наблюдением преподавателя или учебного мастера.
- 5 Студентам запрещается снимать и ставить пружинные кольца – эти операции выполняет учебный мастер.

- 6 При изучении устройства РТС необходимо соблюдать осторожность, чтобы не порезаться об острые края деталей.
- 7 Если при выполнении работы возникают трудности с разъединением или соединением сопрягаемых деталей, необходимо сразу же обратиться к преподавателю или учебному мастеру. Категорически запрещается в этом случае применение посторонних предметов.
- 8 После окончания работы все агрегаты, детали, инструменты и материалы должны быть сданы учебному мастеру.
- 9 После окончания работы необходимо вымыть руки с мылом.

5.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Соблюдая меры безопасности, изложенные в п. 5.4, под руководством преподавателя ознакомиться с устройством РТС. Обратить внимание на:
 - 1) соединения рычага и кривошипа с валом РТС;
 - 2) уплотнение поршня в верхнем корпусе;
 - 3) расположение ребер поршня по отношению к ребрам корпусной вставки;
 - 4) соединение мембраны с поршнем и ее расположение на ребрах поршня и корпусной вставки при различных положениях поршня;
 - 5) конструкцию клапанного узла;
 - 6) расположение и конструктивное исполнение седел впускного и выпускного клапанов;
 - 7) соединение полости над диафрагмой с атмосферой;
 - 8) конфигурацию выходной полости;
 - 9) способ соединения выходной полости с атмосферой;
 - 10) механизм, связывающий вал РТС с полым штоком (толкателем);
 - 11) направляющий колпачок и поршень в нижнем корпусе, а также обводную трубку;

- 12) расположение торца полого штока относительно седла впускного клапана при $\delta > \delta_0$ (когда ребра поршня не упираются в корпус) и при $\delta \geq \delta_0$ (когда ребра поршня упираются в корпус) в равновесном состоянии;
- 13) регулировки в РТС.
- 2 Составить расчетную схему РТС.
- 3 Измерить диаметры $d_{\text{п}}$, $D_{\text{р}}$, d_1 , d_2 .
- 4 Используя экспериментальные данные лабораторной работы 4, по формулам (5.3) и (5.4) рассчитать коэффициенты $K_{\text{э}}^{\text{т}}$, $K_{\text{э}}^{\text{р}}$. Результаты расчета представить в табличной форме (таблица 5.1). Построить графики $K_{\text{э}}^{\text{т}}(\delta)$, $K_{\text{э}}^{\text{р}}(\delta)$.

Таблица 5.1 – Экспериментальные значения коэффициентов модуляции

δ^0	$K_{\text{э}}^{\text{т}}$	$K_{\text{э}}^{\text{р}}$

- 5 Взять значения δ_0 , δ_m из лабораторной работы 4, рассчитать зависимости $D_{\text{а}}(\delta)$, $K = (D_{\text{а}})$, $K^{\text{т}}(D_{\text{а}})$, $K^{\text{р}}(D_{\text{а}})$ по формулам (5.5), (5.8), (5.10) и (5.11). Формулы сначала преобразовать с учетом числовых значений параметров к удобному для вычислений виду. Расчет выполнить для 6...8 значений δ из диапазона $\delta_0 \leq \delta \leq \delta_m$, в том числе для $\delta = \delta_0$ и $\delta = \delta_m$. Результаты расчета свести в таблицу 5.2 (угол γ вычисляется по формуле (5.6)).
- 6 По результатам расчета (таблица 5.2) построить графики зависимостей $K(\delta)$, $K^{\text{т}}(\delta)$, $K^{\text{р}}(\delta)$.

Таблица 5.2 – расчет коэффициентов модуляции

δ^0	γ^0	D_a , мм	K	K^T	K^P

5.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) расчетную схему РТС, на которой должны быть указаны названия всех элементов и обозначены все входящие в расчетные формулы размеры;
- 4) значения измеренных параметров δ_0 , δ_m , d_n , D_p , d_1 , d_2 ;
- 5) вычисления и таблицы с результатами определения экспериментальных и расчетных коэффициентов модуляции (таблицы 5.1 и 5.2);
- 6) графики зависимостей K_γ^T , K_γ^P , K , K^T , K^P от угла δ ; все графики должны быть построены на одном рисунке; должны быть сделаны все необходимые поясняющие надписи; масштаб по оси δ : 20 мм – 10°, по оси K 20 мм – 1 раз;
- 7) краткое объяснение полученных зависимостей и вывод о соответствии расчетных данных эксперименту.

Таблицы и рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

5.7 Вопросы для защиты работы

- 1 За счет чего изменяется активный диаметр диафрагмы?
- 2 Почему при $\delta > \delta_0$ с ростом δ коэффициент модуляции увеличивается?

- 3 Почему при $\delta < \delta_0$ выходное давление равно входному? Какое положение в этом случае занимают поршень и полый шток?
- 4 Можно ли считать зависимость коэффициента модуляции от угла δ однозначной функцией?
- 5 Составьте схемы сил, действующих на поршень и тарелку клапана.
- 6 Докажите соотношение (5.5).
- 7 Покажите, что если пренебречь трением и размерами клапанов, то коэффициент модуляции будет определяться формулами (5.8).
- 8 Покажите, что если пренебречь трением и считать $q_{\min} = 0$, то будут справедливы соотношения (5.10) и (5.11).
- 9 Каково назначение обводной трубки, поршня и направляющего колпачка в нижней части корпуса?
- 10 Какими будут внешние проявления повреждений:
 - 1) седла впускного клапана;
 - 2) седла выпускного клапана;
 - 3) диафрагмы?
- 11 Какие регулировки предусмотрены в РТС?
- 12 Как влияют регулировки РТС на тормозные свойства автомобиля?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

НАЗНАЧЕНИЕ КЛАПАНА ОГРАНИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

6.1 Цель работы

Построить статическую характеристику клапана ограничения давления.

6.2 Теоретическое обоснование

Статические характеристики клапана ограничения давления — это зависимость давления p_2 на выходе клапана от давления p_1 на его входе.

При испытаниях клапан подключают к схеме, показанной на рисунке 6.1. Питание схемы производится от питающей части стенда (см. рисунок 2.1). Давление p_p измеряется манометром 1. Тормозной кран 2 при испытаниях клапана ограничения давления используется как задатчик входного давления p_1 испытуемого клапана. Испытуемый клапан 4 подключен к верхней секции тормозного крана. Входное давление клапана измеряется манометром 3. К выходу клапана 4 подключен баллон 6 емкостью V_1 (техническими условиями на испытания предписано $V_1 = 1\text{л}$). Выходное давление p_2 испытуемого клапана измеряется манометром 5. К нижней секции тормозного крана подключены баллон 7 и манометр 8, однако при испытаниях клапана ограничения давления они не используются.

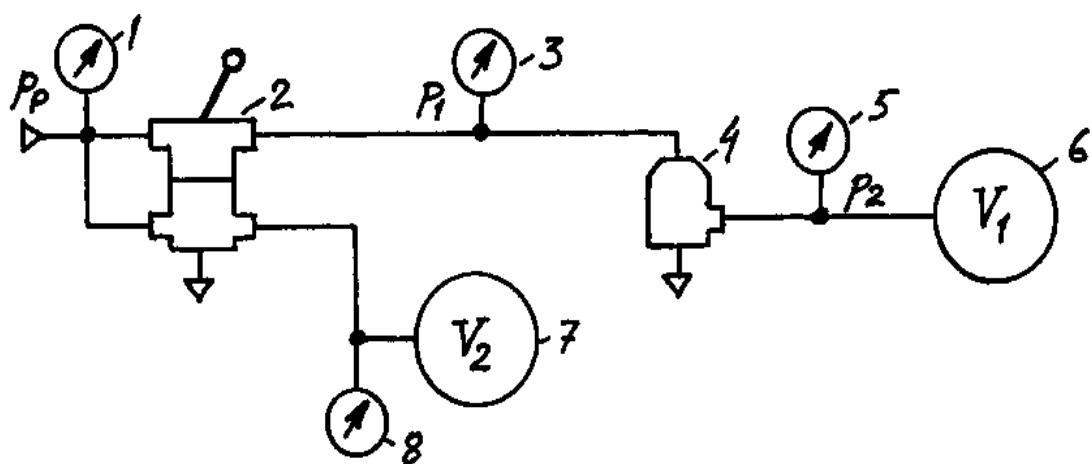


Рисунок 6.1 – Схема установки для испытаний клапана ограничения давления

Клапан ограничения давления имеет кусочно-линейную характеристику с большой зоной нечувствительности (рисунок 6.2). Поэтому характеристики необходимо снимать отдельно при торможении и растормаживании, причем с достаточно малым шагом изменения входного давления.

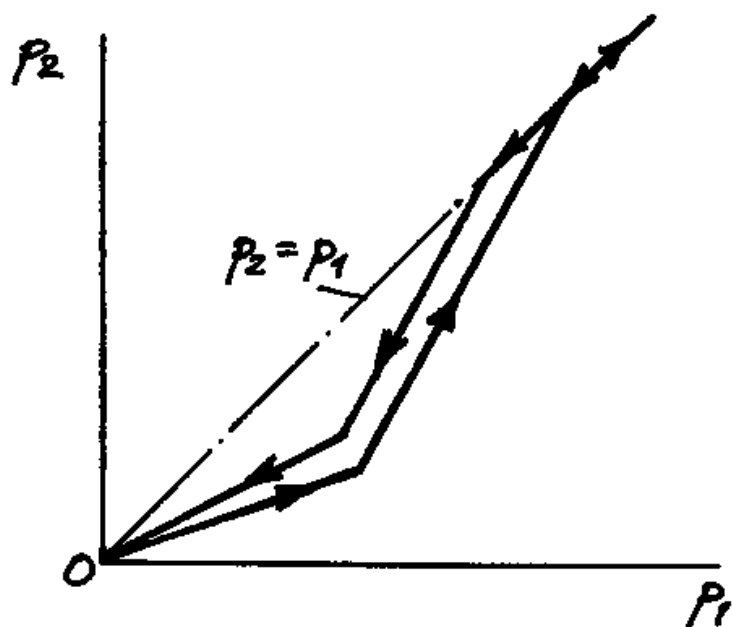


Рисунок 6.2 – Примерный вид характеристики клапана ограничения давления при торможении и растормаживании

6.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) установка для испытаний пневмоаппаратов (в лаборатории 111С);
- 2) клапан ограничения давления автомобиля КамАЗ;
- 3) набор гаечных ключей.

6.4 Указания по технике безопасности

- 1 Каждый студент должен выполнять те и только те действия, которые ему поручает преподаватель или учебный мастер.
- 2 Запрещается проведение лабораторной работы в отсутствие учебного мастера.
- 3 Перед проведением лабораторной работы учебный мастер должен проверить:
 - 1) исправность заземления питающей части стенда;
 - 2) исправность привода компрессора;
 - 3) исправность компрессора и регулятора давления;
 - 4) состояние резьбовых соединений шлангов и приборов;
 - 5) отсутствие утечек сжатого воздуха;
 - 6) исправность привода рычага тормозного крана;
 - 7) наличие и исправность гаечных ключей.

О результатах проверки учебный мастер обязан сообщить преподавателю, проводящему лабораторную работу.

- 4 Перед началом работы должен быть обеспечен свободный доступ к стенду.
- 5 Запрещается прислоняться к стендам и ограждениям.
- 6 Студенты должны находиться не ближе 1 м от компрессора и электродвигателя.

- 7 Студентам запрещается включать привод компрессора. Включение и выключение привода компрессора производит преподаватель или учебный мастер; перед включением преподавателем подается команда «Включить компрессор».
- 8 Запрещается прикасаться к трубопроводам и приборам, находящимся под давлением, а также к подвижным частям стенда.
- 9 Монтаж схемы, а также все действия, связанные с изменением схемы измерительной установки, выполняются учебным мастером. Перед выполнением монтажных операций необходимо убедиться, что на измерительную схему или ее часть, в которой производятся монтажные операции, не подводится сжатый воздух.
- 10 При возникновении аварийных ситуаций или отклонений от нормального хода выполнения работы (искрение или возгорание электропроводки, перегрев двигателя или компрессора, выход из строя регулятора давления, обрыв пневматических соединений, утечки сжатого воздуха, механические поломки, подтекание жидкостей, появление посторонних запахов, ухудшение освещения и т. д.) необходимо сразу поставить в известность преподавателя и учебного мастера и отключить электропитание двигателя.

6.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Собрать схему согласно рисунку 6.1 (выполняется учебным мастером). К выходам нижней секции тормозного крана и испытуемого клапана ограничения давления подключить только манометры (т. е. обеспечить $V_1 \approx V_2 \approx 0$).
- 2 Под руководством преподавателя проверить правильность сборки схемы согласно рисунку 6.1. Выяснить, какой манометр показывает:
 - а) давление питания p_p ;

- б) входное давление клапана p_1 ;
- в) выходное давление клапана p_2 .
- 3 Определить и записать погрешности измерения давлений p_1 и p_2 .
 - 4 Включить компрессор. Дождавшись срабатывания регулятора давления, выключить компрессор. Установить рычаг тормозного крана в положение, соответствующее $p_1 = 0$.
 - 5 Плавно и медленно вращая винт привода тормозного крана в направлении увеличения давления (процесс торможения), увеличить входное давление p_1 на $0,02 \dots 0,05$ МПа ($0,2 \dots 0,5$ кгс/см²). После того как показания манометров установятся, записать значения входного (p_1) и выходного (p_2) давлений в таблицу измерений (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Статическая характеристика клапана ограничения давления

торможение		растормаживание	
$p_1, \dots$	$p_2, \dots$	$p_1, \dots$	$p_2, \dots$

- 6 Повторять действия по п. 5 до тех пор, пока входное давление p_1 , не сравняется с давлением питания p_p . Давление p_p при $p_1 > 0,5$ МПа должно быть не менее 0,7 МПа. При необходимости увеличить давление питания, включив компрессор. Измерения проводить при выключенном компрессоре. При $0,3 \text{ МПа} < p_1 < 0,45 \text{ МПа}$ шаг изменения p_1 должен быть как можно меньше. Число экспериментальных точек должно быть не менее 10...12.
- 7 Плавно и медленно вращая винт привода тормозного крана в сторону уменьшения давлений (процесс растормаживания), уменьшить давление

p_1 на 0,02...0,05 МПа (0,2...0,5 кгс/см²). После того как показания манометров установятся, занести значения p_1 и p_2 в таблицу 6.1 (значения p_1 при торможении и растормаживании в таблице 6.1 никак не связаны между собой!).

- 8 Повторять действия по п. 7 до тех пор, пока давление p_1 не станет равным нулю. При 0,3 МПа < p < 0,45 МПа шаг изменения p_1 должен быть как можно меньше.
- 9 По данным таблицы 6.1 построить графики $p_2(p_1)$ при торможении и растормаживании.
- 10 Сопоставить результаты испытаний с требованиями технических условий (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Требования к характеристикам клапана ограничения давления

p_1 , кгс/см ²	p_2 , кгс/см ²	
	торможение	растормаживание
0	0	0
0,5	0,2 ± 0,2	0,2 ± 0,2
2	1 ± 0,15	1,1 ± 0,3
3,3	1,8 ± 0,2	2,1 ± 0,3
3,8	2,35 ± 0,3	2,6 ± 0,4
4,5	3,5 ± 0,4	4 ± 0,5
5,7	5,4 ± 0,3	5,4 ± 0,3
7,5	7,5	7,5

6.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) схему установки (см. рисунок 6.1), на которой указаны названия всех элементов;

- 4) погрешность измерения давлений;
- 5) таблицу измерений (таблица 6.1);
- 6) графики $p_2(p_1)$; масштабы по обеим осям одинаковые, 20 мм – 0,1 МПа (1 кгс/см²); должны быть выделены экспериментальные точки и нанесены точки, соответствующие техническим условиям (т. е. из таблицы 6.2);
- 7) краткое описание полученных зависимостей и вывод о соответствии техническим условиям.

Таблица и рисунки должны иметь названия. В заголовке таблицы должны быть указаны размерности давлений.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

6.7 Вопросы для защиты работы

- 1 К какому типу регуляторов относится клапан ограничения давления: к статическому или динамическому? Почему?
- 2 Каковы назначение и область применения клапана ограничения давления?
- 3 Каким образом влияет клапан ограничения давления на управляемость и устойчивость движения автомобиля? В каких условиях движения это влияние проявляется сильнее?
- 4 Насколько полно условия проведенных испытаний соответствуют условиям работы клапана на автомобиле?
- 5 Какими линиями следует аппроксимировать опытные данные?
- 6 Почему не совпадают линии торможения и растормаживания?
- 7 При каких входных давлениях клапан дает наибольшее ограничение? Во сколько раз?
- 8 При каких входных давлениях клапан перестает влиять на давление в тормозных камерах?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАНА ОГРАНИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

7.1 Цель работы

- 1 Составить расчетную схему клапана ограничения давления.
- 2 Рассчитать и построить статические характеристики клапана.

7.2 Теоретическое обоснование

Расчет характеристик будем производить при следующих допущениях:

- 1) трением поршней пренебрегаем;
- 2) считаем, что для герметичности клапана необходимо и достаточно, чтобы реакция клапана на седло была положительной, т. е. положим $q_{\min} = 0$ (см. п. 2.2 в лабораторной работе 2);
- 3) усилием пружины, поджимающей впускной клапан к седлу, пренебрегаем.

Рассмотрим начальный участок характеристики, на котором входное давление p_1 не превосходит p_{1A} при торможении и p_{1B} при растормаживании (рисунок 7.1).

Из условий равновесия ступенчатого поршня (см. [5]) с учетом принятых допущений следует, что выходное давление удовлетворяет двойному неравенству

$$p_1 \frac{d_2^2 - d_{\text{кл}}^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} < p_2 < p_1 \frac{d_2^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2}, \quad (7.1)$$

где d_2 , d_3 – диаметры верхней и нижней частей ступенчатого поршня, $d_2 < d_3$; $d_{\text{кл}}$ – средний диаметр седла клапана (одинаковый для впускного и

выпускного клапанов). Уравнения линий торможения и растормаживания при малых p_1 имеют вид

$$p_2^T = p_1 \frac{d_2^2 - d_{\text{кл}}^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2}, \quad (7.2)$$

$$p_2^P = p_1 \frac{d_2^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2}. \quad (7.3)$$

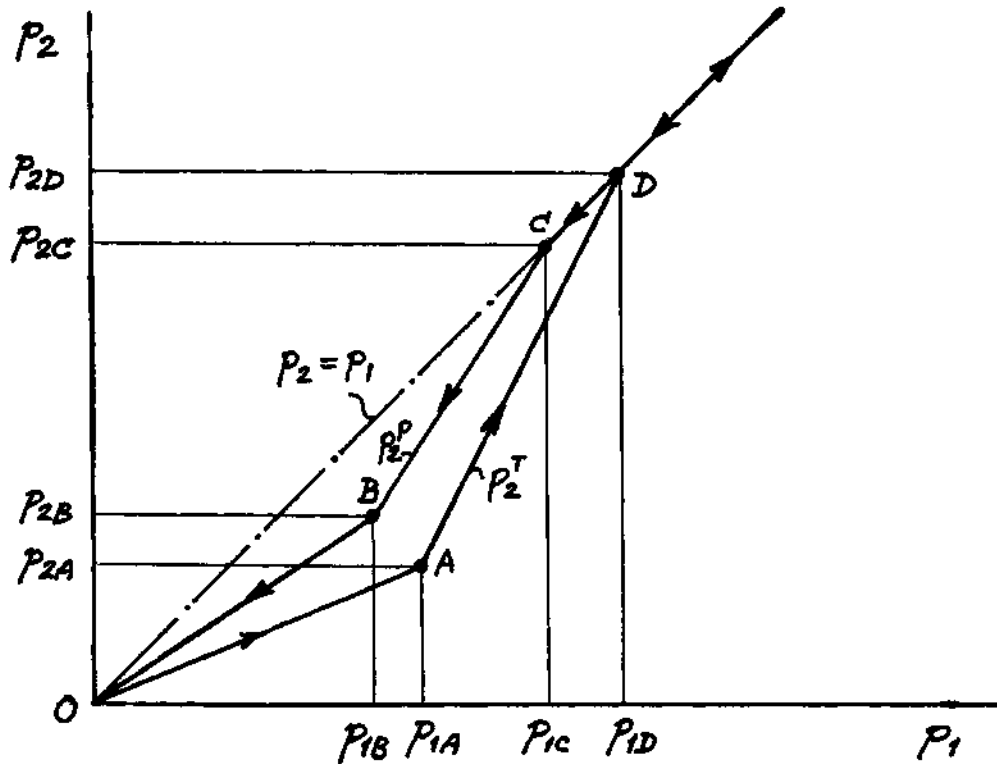


Рисунок 7.1 – Статическая характеристика клапана ограничения давления

Уравнение (7.2) и (7.3) описывают начальный участок характеристики: ОА – при торможении, ВО – при растормаживании. Наклон отрезков ОА и ВО меньше 1.

На среднем участке характеристики (AD – при торможении, СВ – при растормаживании)

$$p_1 \frac{d_1^2 - d_{\text{кл}}^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} - \frac{4Q}{\pi(d_3^2 - d_{\text{кл}}^2)} < p_2 < p_1 \frac{d_1^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} - \frac{4Q}{\pi(d_3^2 - d_{\text{кл}}^2)}, \quad (7.4)$$

где d_1 – диаметр большого поршня; Q – усилие пружины, поджимающей большой поршень. Уравнения линий торможения и растормаживания (AD и CB) на этом участке имеет вид

$$p_2^T = p_1 \frac{d_1^2 - d_{\text{кл}}^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} - \frac{4Q}{\pi(d_3^2 - d_{\text{кл}}^2)}, \quad (7.5)$$

$$p_2^P = p_1 \frac{d_1^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} - \frac{4Q}{\pi(d_3^2 - d_{\text{кл}}^2)}. \quad (7.6)$$

Наклон отрезков AD и CB больше 1.

Для построения статической характеристики достаточно рассчитать координаты четырех точек: A, B, C и D (см. рисунок 7.1).

Приравняв правые части (7.2) и (7.6), находим абсциссу точки B:

$$p_{1B} = \frac{4Q}{\pi(d_1^2 - d_2^2)}, \quad (7.8)$$

т. е.

$$p_{1B} = p_{1A}. \quad (7.9)$$

Ординаты точек A и B вычисляем по (7.2) и (7.3):

$$p_{2A} = p_{1A} \frac{d_2^2 - d_{\text{кл}}^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2} \quad (7.10)$$

$$p_{2B} = p_{1A} \frac{d_2^2}{d_3^2 - d_{\text{кл}}^2}. \quad (7.11)$$

В формулы (7.7) и (7.8) входит усилие пружины Q , но величина Q неизвестна. Поэтому значение p_{1A} возьмем по экспериментальным данным лабораторной работы 6: p_{1A} – это абсцисса точек перегиба характеристик $p_2(p_1)$ при торможении и растормаживании.

Абсциссы p_{1D} и p_{1C} точек D и C находим, приравнявая части (7.5) и (7.6) соответственно p_{1D} и p_{1C} и выразив Q через p_{1A} :

$$p_{1D} = p_{1A} \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_3^2}, \quad (7.12)$$

$$p_{1C} = p_{1A} \frac{d_1^2 - d_2^2}{d_1^2 - d_3^2 + d_{\text{кл}}^2}. \quad (7.13)$$

Ординаты точек С и D вычислять не нужно, так как точки С и D лежат на луче $p_1 = p_2$.

Заметим, что в (7.10) – (7.13) фактически входят только отношения диаметров. Поэтому достаточно найти отношение $d_1:d_2:d_3:d_{\text{кл}}$, что можно сделать и по чертежу.

7.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) клапан ограничения давления автомобиля КамАЗ;
- 2) клапан ограничения давления с выполненными в нем разрезами деталей;
- 3) набор слесарного инструмента;
- 4) тиски;
- 5) штангенциркуль;
- 6) обтирочные материалы;
- 7) сборочный чертеж клапана ограничения давления.

7.4 Указания по технике безопасности

- 1 Разборка и сборка клапана ограничения давления требуют определенных слесарных навыков, поэтому студентам запрещается выполнять эти операции. Разборка и сборка клапана ограничения давления выполняется только учебным мастером согласно инструкции [10]. Детали разбираемого клапана ограничения давления должны быть предварительно очищены, промыты, просушены и протерты.

- 2 При ознакомлении с устройством клапана ограничения давления необходимо соблюдать осторожность, чтобы не пораниться об острые края деталей.
- 3 Если при выполнении работы возникают трудности с разъединением или соединением сопрягаемых деталей, необходимо сразу же обратиться к преподавателю или учебному мастеру. Категорически запрещается применение в этом случае посторонних предметов.
- 4 Студентам запрещается производить действия, связанные с деформацией возвратных пружин и стопорных колец.
- 5 После окончания работы все агрегаты, детали, инструменты и материалы должны быть сданы учебному мастеру.
- 6 После окончания работы необходимо вымыть руки с мылом.

7.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Соблюдая меры безопасности, изложенные в п. 7.4, под руководством преподавателя ознакомиться с устройством клапана ограничения давления. Обратит внимание на
 - 1) сопряжение большого и малого (ступенчатого) поршней;
 - 2) положения, занимаемые поршнями при малых и больших входных давлениях;
 - 3) регулировку усилия пружины, действующей на большой поршень;
 - 4) соединение полостей клапана с атмосферой;
 - 5) блок клапанов;
 - 6) седла впускного и выпускного клапанов;
 - 7) пружину, поджимающую впускной клапан;
 - 8) уплотнения поршней и корпусных деталей.
- 2 Составить расчетную схему клапана ограничения давления.
- 3 Измерить диаметры d_1 , d_2 , d_3 , $d_{\text{кл}}$ (или найти соотношение $d_1:d_2:d_3:d_{\text{кл}}$).

- 4 По экспериментальным данным лабораторной работы 6, используя построенные графики, найти абсциссу p_{1A} точки перегиба статической характеристики.
- 5 По формулам (7.10) и (7.11) рассчитать значения ординат точек А и В (см. рисунок 7.1).
- 6 По формулам (7.12) и (7.13) рассчитать значения абсцисс точек D и C.
- 7 Построить статическую характеристику клапана ограничения давления по расчетным данным.
- 8 Нанести на построенную по расчетным данным статическую характеристику экспериментальные точки из таблицы 6.1 (в лабораторной работе 6).
- 9 Подобрать значение p_{1A} так, чтобы расчетная статическая характеристика как можно лучше согласовывалась с экспериментальными данными.

7.6 Содержание отчета и его формула

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) расчетную схему клапана ограничения давления, на которой должны быть указаны названия всех элементов и обозначены все входящие в расчетные формулы величины;
- 4) значения измеренных параметров p_{1A} , d_1 , d_3 , $d_{кл}$;
- 5) вычисления координат точек А, В, С, D;
- 6) статическую характеристику, построенную по расчетным данным, на которую должны быть нанесены экспериментальные точки из таблицы 6.1; масштаб по обеим осям: 20 мм – 0,1 МПа (1 кгс/см²);

- 7) вывод о соответствии расчетных характеристик экспериментальным данным и значение p_{1A} , при котором экспериментальные и расчетные данные согласуются лучше всего. Рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТМО».

7.7 Вопросы для защиты работы

- 1 Какое положение занимает большой поршень при а) $p_1 < p_{1A}$, б) $p_1 > p_{1A}$?
- 2 Какой поршень обеспечивает отрицательную обратную связь по давлению (следящее действие) при $p_1 < p_{1A}$?
- 3 Каким образом обеспечивается следящее действие при $p_1 > p_{1A}$?
- 4 В каких состояниях находятся впускной и выпускной клапаны при $p_1 \geq 0,6$ МПа?
- 5 Каково назначение пружины, поджимающей большой поршень?
- 6 Какие регулировки предусмотрены в клапане ограничения давления?
- 7 Какому положению поршней соответствует усилие Q в соотношениях, приведенных в п. 7.2?
- 8 Как влияет усилие Q пружины под большим поршнем на вид статической характеристики? Покажите, как изменится характеристика при увеличении (уменьшении) Q ; нарисуйте изменившуюся характеристику на том же рисунке, на котором изображена расчетная характеристика.
- 9 Составьте схемы сил, действующих на большой и малый (ступенчатый) поршни, а также на блок клапанов для всех трех участков статической характеристики.
- 10 Докажите двойные неравенства (7.1) и (7.4).
- 11 Выведите формулы (7.7), (7.8), (7.10), (7.11).

12 Какими будут внешние проявления следующих неисправностей:

- 1) негерметичность впускного клапана;
- 2) негерметичность выпускного клапана;
- 3) заклинивание в исходном (т. е. при отсутствии торможения) положении малого поршня;
- 4) заклинивание малого поршня в нижнем положении;
- 5) заклинивание большого поршня в исходном (т. е. крайнем верхнем) положении;
- 6) негерметичность уплотнения большого поршня;
- 7) негерметичность уплотнения большого поршня с одновременным засорением канала, соединяющего полость под этим поршнем с атмосферой;
- 8) негерметичность одного из уплотнений малого (ступенчатого) поршня?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

КЛАПАН УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ ПРИЦЕПА ПРИ ДВУХПРОВОДНОМ ПРИВОДЕ

8.1 Цель работы

Найти зависимость выходного давления от входных при различных режимах работы клапана.

8.2 Теоретическое обоснование

Назначение, устройство и работа клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе достаточно подробно рассматривается в [5].

Для решения задачи, поставленной в п. 8.1, необходимо составить расчетную схему клапана. При анализе рабочего процесса ограничимся только статическими зависимостями. Будем использовать следующие допущения:

- 1) трением поршня и направляющей втулки клапанов пренебрегаем;
- 2) усилия пружины считаем постоянными;
- 3) усилием пружины, поджимающей впускной клапан к седлу, пренебрегаем;
- 4) размерами клапанов (по сравнению с размерами поршней) пренебрегаем;
- 5) эффективную площадь диафрагмы считаем постоянной.

Пренебрегая размерами клапанов, мы, тем самым, пренебрегаем и реакциями клапанов на седла (см. п. 2.2 в лабораторной работе 2).

Эффективная площадь диафрагмы больше площади среднего поршня – это можно усмотреть из сопоставления размеров деталей. Заметим, что допущение о постоянстве площади диафрагмы приемлемо далеко не во всех задачах. О свойствах диафрагм (диафрагмы являются очень

распространенными и важными упругими элементами пневматических приборов) можно прочитать в [12]. (В книге [12] также имеется доступное и подробное описание реализации принципов построения пневматических приборов.)

8.3 Аппаратура и материалы

Для выполнения работы необходимы:

- 1) клапан управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе;
- 2) клапан управления с выполненными в нем разрезами деталей;
- 3) набор слесарного инструмента;
- 4) тиски;
- 5) обтирочные материалы;
- 6) сборочный чертеж клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе;
- 7) схема пневмопривода тормозов автомобиля КамАЗ-5320.

8.4 Указания по технике безопасности

- 1 Разборка и сборка клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе требуют определенных слесарных навыков, поэтому студентам запрещается выполнять эти операции. Разборка и сборка клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе выполняется только учебным мастером согласно инструкции [10]. Детали разбираемого клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе должны быть предварительно очищены, промыты, просушены и протерты.
- 2 При ознакомлении с устройством клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе необходимо соблюдать осторожность, чтобы не пораниться об острые края деталей.

- 3 Если при выполнении работы возникают трудности с разъединением или соединением сопрягаемых деталей, необходимо сразу же обратиться к преподавателю или учебному мастеру. Категорически запрещается применение в этом случае посторонних предметов.
- 4 Студентам запрещается производить действия, связанные с деформацией возвратных пружин и стопорных колец.
- 5 После окончания работы все агрегаты, детали, инструменты и материалы должны быть сданы учебному мастеру.
- 6 После окончания работы необходимо вымыть руки с мылом.

8.5 Методика и порядок выполнения работы

- 1 Соблюдая меры безопасности, изложенные в п. 8.4, под руководством преподавателя ознакомиться с устройством клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе. Обратит внимание на:
 - 1) выводы клапана и их подключения к схеме пневмопривода тормозов;
 - 2) взаимодействие большого и малого верхних поршней при малых и больших давлениях;
 - 3) центрирование большого верхнего поршня;
 - 4) пружины, поджимающие верхние поршни;
 - 5) регулировочный винт;
 - 6) соединение полости под большим поршнем с атмосферой;
 - 7) конфигурацию выходной полости;
 - 8) узел, включающий в себя средний поршень, полый шток и диафрагму;
 - 9) полость под средним поршнем (к которой подводится давление питания);
 - 10) клапанный блок;
 - 11) расположение седел впускного и выпускного клапанов;
 - 12) пружину впускного клапана;

- 13) соединение с атмосферой полости, образованной направляющей втулкой клапанного блока и расточкой в полом штоке;
 - 14) уплотнения среднего поршня и полого штока;
 - 15) упор полого штока;
 - 16) жесткий центр и заделку диафрагмы.
- 2 Составить расчетную схему клапана управления.
 - 3 Для случая, когда работает только верхняя секция тормозного крана:
 - 1) выяснить, какие детали обеспечивают следящее действие;
 - 2) составить схему сил, действующих на эти детали;
 - 3) составить уравнения статики;
 - 4) вывести формулы зависимости выходного давления от входного;
 - 5) нарисовать качественный ход зависимости выходного давления от входного;
 - 4 По методике, изложенной в п. 3, проанализировать случаи:
 - а) работает только нижняя секция тормозного крана;
 - б) торможение производится стояночной тормозной системой;
 - в) обычное торможение рабочей тормозной системой (давления на выходах секций тормозного крана считать равными).

Во всех случаях считать, что к клапану управления тормозами прицепа подводится давление питания.

8.6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен содержать:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) расчетную схему клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе; на схеме должны быть указаны названия всех элементов и обозначены все необходимые для анализа величины; на схеме

клапана также должно быть указано, к каким цепям (точкам) схемы пневмопривода тормозов подключены выводы клапана;

- 4) схемы сил, действующих на детали, которые обеспечивают следующее действие;
- 5) уравнения статики и формулы для определения выходного давления;
- 6) графики зависимостей выходного давления от входных.

Схемы сил, уравнения и графики должны быть приведены для всех рассмотренных случаев. Графики должны быть выполнены на отдельных рисунках. Все рисунки должны иметь названия.

Отчет оформляется в тетради для лабораторных работ по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы ТиТТМО».

8.7 Вопросы для защиты работы

- 1 Каково назначение клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе?
- 2 С какой магистралью соединен выход клапана?
- 3 С какими контурами соединены входы клапана?
- 4 От какого контура подводится питание к клапану?
- 5 В каком случае выходное давление клапана будет оставаться нулевым, не реагируя на изменения давлений на управляющих входах? Будет ли при этом тормозить автопоезд? Почему?
- 6 Чем отличается двухпроводный привод тормозов прицепа от однопроводного?
- 7 Зачем в верхней секции клапана два поршня?
- 8 Как и с какой целью производится регулировка клапана?
- 9 Как изменится характеристика клапана при ввертывании регулировочного винта? Покажите изменение графика на рисунке.
- 10 Какими будут внешние проявления следующих неисправностей:
 - 1) негерметичность уплотнения среднего поршня;

- 2) негерметичность верхнего уплотнительного кольца клапанной втулки;
 - 3) потеря герметичности впускного клапана;
 - 4) негерметичность уплотнений поршней в верхней секции;
 - 5) нарушение уплотнения регулировочного винта;
 - 6) прорыв диафрагмы?
- 11 Составьте схему установки для проверки клапана управления тормозами прицепа при двухпроводном приводе, на который можно было бы снимать рассматриваемые в данной работе характеристики.
- 12 Почему в нижней секции клапана применена диафрагма, а не поршень?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1982.
- 2 Автоматические коробки передач современных легковых автомобилей / М. В.Нагайцев, С. А.Харитонов, Е. Г. Юдин. – М. : «Легион-Автодата», 2000.
- 3 Харитонов, С. А. Автоматические коробки передач / С. А. Харитонов– М.: ООО «Издательство Астрель», 2003.
- 4 Трехступенчатая гидромеханическая передача автобуса / В. В.Баранов, О. И. Гируцкий, М. Н. Дзядык [и др.]. – М.: Транспорт, 1980.
- 5 Осепчугов, В. В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989.
- 6 Гуревич, Л. В. Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р.А.Меламуд. – М.: Транспорт, 1978.
- 7 Автомобиль: Основы конструкции / Н. Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А.Н. Набрут [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986.
- 8 Богатырев, А. В. Автомобили / А. В. Богатырев [и др.]. – М.: Колос, 2001.
- 9 Гладов А. В. Специальные транспортные средства: Проектирование и конструкции / А. В. Гладков, А. М. Петренко. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2004.
- 10 Ярьсько, П. С. Тормозные системы большегрузных автомобилей КамАЗ / П. С. Ярьсько, С. В. Филиппов. – Ярославль : Учебно-производственная фирма «КамАЗ», 1989.
- 11 Автомобили КамАЗ: ТО и ремонт. / В. Н.Барун, Р. А.Азаматов, Е.А.Машков [и др.]. – М.: Транспорт, 1987.
- 12 Дмитриев, В. Н. Основы пневмоавтоматики / В. Н. Дмитриев, В.Г.Градецкий В. Г. – М.: Машиностроение, 1973.