

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

**А. В. Лютая,
А. В. Периг**

**ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ
И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ.
ГИДРАВЛИКА, ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДЫ**

**Пособие
для самостоятельного изучения дисциплины**

для студентов всех инженерно-технических
специальностей заочной формы обучения

Утверждено
на заседании ученого совета
Протокол № 9 от 27.03.2018

Краматорск
ДГМА
2018

УДК 62-82: 532: 621.22: 621.82 (075.8)

ББК 32.965: 30.123: 31.56я73

Л 96

Рецензенты:

Нездойминов В. И., д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, г. Макеевка;

Роганов М. Л., канд. техн. наук доцент, ректор Института повышения квалификации и переподготовки кадров, г. Краматорск.

Посібник містить методичні вказівки та контрольні завдання. Укладений відповідно до чинних програм дисциплін «Виконавчі механізми і регулюючі органи» та «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи», які читаються студентам усіх інженерно-технічних спеціальностей заочної форми навчання Донбаської державної машинобудівної академії.

Лютая, А. В.

Л 96 Исполнительные механизмы и регулирующие органы. Гидравлика, гидро- и пневмоприводы : пособие для самостоятельного изучения дисциплины для студентов всех инженерно-технических специальностей заочной формы обучения / А. В. Лютая, А. В. Периг. – Краматорск : ДГМА, 2018. – 72 с.

ISBN 978-966-379-680-2.

Пособие содержит методические указания и контрольные задания. Составлено в соответствии с действующими программами дисциплин «Исполнительные механизмы и регулирующие органы» и «Гидравлика, гидро- и пневмоприводы», которые читаются студентам всех инженерно-технических специальностей заочной формы обучения Донбасской государственной машиностроительной академии.

УДК 62-82: 532: 621.22: 621.82 (075.8)

ББК 32.965: 30.123: 31.56я73

Навчальне видання

**ЛЮТА Анастасія Володимирівна,
ПЕРІГ Олександр Вікторович**

**ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ І РЕГУЛЮВАЛЬНІ ОРГАНИ.
ГІДРАВЛІКА, ГІДРО- І ПНЕВМОПРИВОДИ**

Посібник

до самостійного вивчення дисципліни для студентів усіх інженерно-технічних спеціальностей заочної форми навчання

(Російською мовою)

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання С. П. Шнурік

96/2017. Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 4,19.

Обл.-вид. арк. 4,67. Тираж 20 пр. Зам. № 23.

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №1633 від 24.12.2003

© А. В. Лютая А. В. Периг, 2018

© ДГМА, 2018

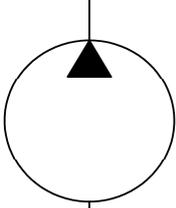
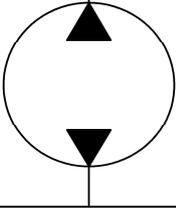
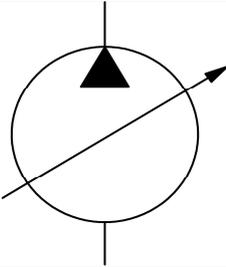
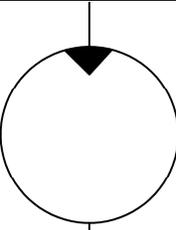
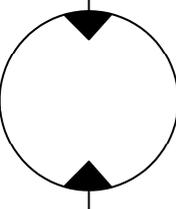
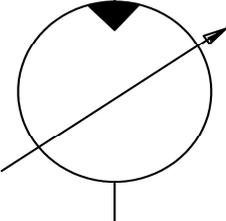
ISBN 978-966-379-680-2

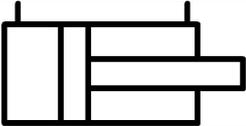
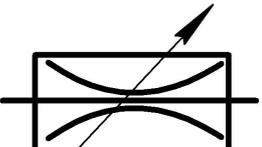
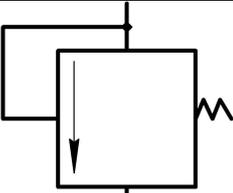
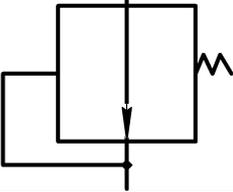
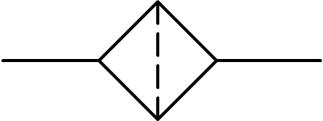
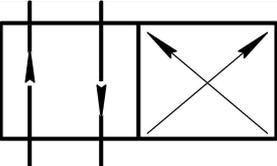
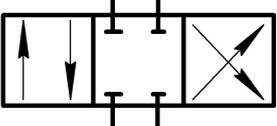
СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА ПО ЕСКД	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	7
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОПРИВОДАХ.....	8
1.1 Введение.....	8
1.2 Распределительная и контрольно-регулирующая аппаратура	8
1.2.1 Регуляторы	8
1.2.1.1 Регуляторы давления – предохранительные и редуцион- ные клапаны	8
1.2.1.1.1 Предохранительный клапан.....	9
1.2.1.1.2 Редуционный клапан	9
1.2.1.2 Регуляторы расхода и скорости – дроссели.....	9
1.2.2 Распределительные устройства.....	11
1.2.3 Элементы системы управления.....	12
1.2.3.1 Реле давления	12
1.2.3.2 Реле времени.....	12
1.2.3.3 Датчики давления.....	13
1.2.3.4 Логические элементы.....	14
1.2.3.5 Вспомогательные устройства	14
1.2.3.5.1 Гидроаккумуляторы.....	14
1.2.3.5.2 Фильтры.....	14
2 ГИДРОПРИВОДЫ.....	16
2.1 Гидроприводы общего назначения	16
2.2 Гидроприводы с дроссельным регулированием	16
2.2.1 Дроссель на входе гидроцилиндра.....	17
2.2.2 Дроссель на входе гидродвигателя с неограниченным вращательным движением (гидрораспределитель в рабочей позиции II).....	19
2.2.3 Дроссель на выходе гидроцилиндра	22
2.2.4 Дроссель на выходе гидродвигателя с неограниченным вращательным движением – на выходе гидромотора	24
2.2.5 Дроссель, установленный параллельно гидроцилиндру.....	26
2.2.6 Дроссель, установленный параллельно гидромотору.....	27
2.3 Гидроприводы с объемным регулированием	29
2.3.1 Гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром	29
2.3.2 Гидропривод с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором.....	32
2.3.3 Гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором	35
2.3.4 Гидропривод с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором.....	37

3 ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО АНАЛИЗУ ГИДРОСХЕМ С ДРОССЕЛЬНЫМ И ОБЪЕМНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ	40
3.1 Пример выполнения анализа принципа работы гидропривода по представленной гидросхеме.....	40
3.2 Общие рекомендации к выполнению контрольных заданий	41
3.3 Контрольная работа	42
Задание 1	42
Задание 2	43
Задание 3	44
Задание 4	45
Задание 5	46
Задание 6	47
Задание 7	48
Задание 8	49
Задание 9	50
Задание 10	51
Задание 11	52
Задание 12	53
Задание 13	54
Задание 14	55
Задание 15	56
Задание 16	57
Задание 17	58
Задание 18	59
Задание 19	60
Задание 20	61
Задание 21	62
Задание 22	63
Задание 23	63
Задание 24	64
Задание 25	65
Задание 26	66
Задание 27	67
Задание 28	68
Задание 29	69
Задание 30	71
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	72

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА ПО ЕСКД

Элемент гидросхемы	Условное обозначение элемента
Гидронасосы	
Нерегулируемый с постоянным направлением потока и постоянной производительностью (подачей)	
Нерегулируемый с реверсивным направлением потока	
Регулируемый (с регулируемой подачей), нереверсивный	
Гидродвигатели	
Гидромотор нерегулируемый с постоянным движением потока (с нерегулируемым расходом)	
Гидромотор с реверсивным направлением потока	
Гидромотор регулируемый (с регулируемым расходом)	

Элемент гидросхемы	Условное обозначение элемента
Гидроцилиндр поршневой	
С односторонним штоком	
С двухсторонним штоком	
Гидроаппараты	
Дроссель нерегулируемый	
Дроссель регулируемый за счет изменения площади его проходного сечения	
Напорный клапан (в режиме предохранительного предохраняет систему от давления большего, чем давление его настройки)	
Редукционный клапан	
Гидроаппараты	
Обратный клапан	
Фильтр	
Гидробак с атмосферным давлением	
Гидрораспределители	
Двухпозиционный	
Трехпозиционный с перекрытием потока в исходной позиции	

ПРЕДИСЛОВИЕ

Совместное изложение в курсах машиностроительной гидравлики конструктивных особенностей схем гидропривода с дроссельным и объемным регулированием, а также ряда расчетных вопросов статики и динамики гидропривода продиктовано требованиями действующих втузовских программ, предъявляющих высокие требования к знаниям студентов-заочников на фоне непрерывного сокращения аудиторных лекционных часов и полного отсутствия практических занятий для студентов-заочников механических специальностей заочной ускоренной формы обучения.

Указанные обстоятельства обусловили необходимость разработки данного учебного пособия, обеспечивающего в сжатые временные рамки возможность освоения студентами-заочниками основных элементов и видов гидросхем, а также принципов построения регулировочных и нагрузочных статических характеристик гидроприводов с дроссельным и объемным (машинным) регулированием.

Закрепление студентами изученного теоретического материала дополнительно обеспечивается за счет самостоятельного решения целевой студенческой аудиторией большого количества задач, приведенных в данном пособии.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРОПРИВОДАХ

1.1 Введение

Гидравлическим приводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости под давлением, в число которых входит один или несколько гидродвигателей, источник энергии жидкости, аппаратура управления и гидролинии.

Основное преимущество гидропривода перед другими приводами (пневматическими и электрическими) заключается в том, что гидроприводы имеют наибольшую величину отношения максимально развиваемого усилия (момента) на гидродвигателе к массе (моменту инерции) подвижных частей самого гидродвигателя и нагрузки. Кроме того, преимуществами гидропривода являются: бесступенчатое регулирование скорости в большом диапазоне, малая инерционность, возможность управлять режимами работы во время движения рабочих органов, простота преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное, легкость предохранения привода от перегрузок, простота автоматического управления рабочими органами, высокая эксплуатационная надежность и пр.

Указанные преимущества гидропривода по сравнению с электро- и пневмоприводами способствуют его широкому применению.

При неоспоримых достоинствах гидравлического объемного привода следует отметить и свойственные ему недостатки. Гидроприводы уступают электрическим в дальности транспортировки энергии от источника питания к его потребителям и скорости передачи командных сигналов в следствии их замедленного прохождения в жидкой среде.

В связи с этой общей тенденцией развития современного гидропривода состоит в переходе на большие давления рабочей жидкости, создание высоконадежных устройств и комбинированных автоматических систем, где бы оптимально использовались преимущества гидравлического, пневматического, электрического приводов, электрических и электронных средств управления и средств гидропневмоавтоматики.

1.2 Распределительная и контрольно-регулирующая аппаратура

1.2.1 Регуляторы

1.2.1.1 Регуляторы давления – предохранительные и редуцирующие клапаны. Регуляторы давления могут быть нормально замкнутые и нормально разомкнутые.

1.2.1.1.1 *Предохранительный клапан.* Назначение предохранительного клапана (рис. 1.1) – предохранять гидросистему от давления большего, чем давление его настройки. В нормальном положении – закрытый. Управляемое давление подается до регулятора. Подключается всегда параллельно сети. Может работать в режимах предохранительного, переливного и подпорного клапанов.

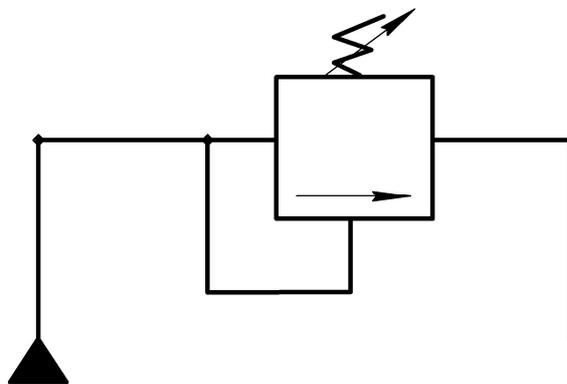


Рисунок 1.1 – Предохранительный клапан

1.2.1.1.2 *Редукционный клапан.* В нормальном положении – открытый (рис. 1.2). Управляемое давление – после регулятора. Подключается последовательно и параллельно. Назначение – регулировать давление на выходе клапана.

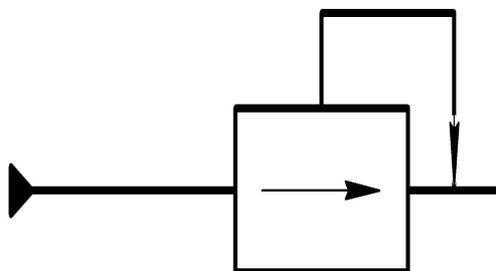


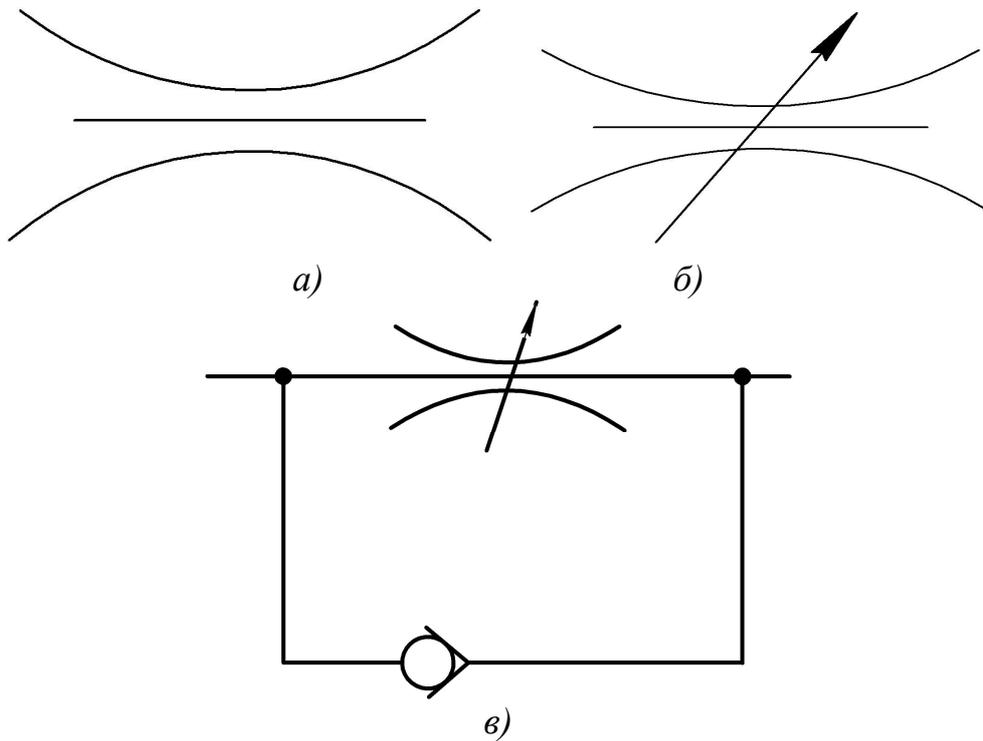
Рисунок 1.2 – Редукционный клапан

1.2.1.2 *Регуляторы расхода и скорости – дроссели.* Назначение – регулировка расхода жидкости изменением площади проходного сечения дросселя. Реже – регулировка давления (рис. 1.3). При изменении перепада давления на дросселе и вязкости рабочей жидкости меняется расход Q_{gp} :

$$Q_{gp} = \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P_{gp}} \quad , \quad (1.1)$$

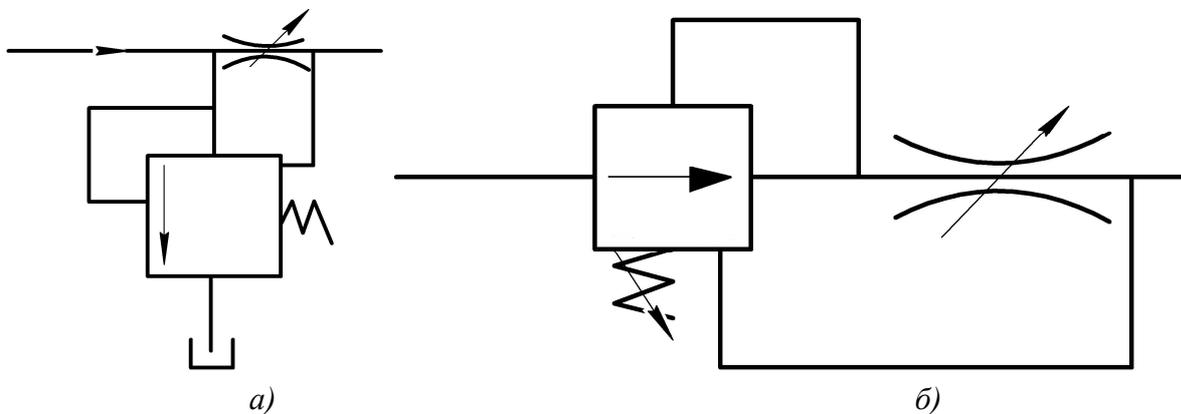
где μ_{gp} – безразмерный коэффициент расхода дросселя;
 $S_{gp} = (\pi d_{gp}^2 / 4)$ – площадь открытия дросселя, м²;
 d_{gp} – диаметр дросселя, м;
 $\Delta P_{gp} = P_{go} - P_{noc}$ – перепад давления на дросселе, Па;

P_{go} – давление до дросселя, Па;
 P_{noc} – давление после дросселя, Па;
 ρ – плотность рабочей жидкости (масла), кг/м³.



a – нерегулируемый; б – регулируемый; в – дроссель с обратным клапаном
 Рисунок 1.3 – Дроссели

Если необходимо обеспечивать постоянство расхода $Q_{gp} = const$, то применяют регуляторы расхода: клапан обеспечивает заданный постоянный перепад давления на дросселе $\Delta P_{gp} = const$, а дроссель – постоянный расход $Q_{gp} = const$. Дозировка расхода – дросселем, а постоянство расхода – клапаном (рис. 1.4).



a – параллельное соединение дросселя с клапаном;
б – последовательное соединение дросселя с клапаном
 Рисунок 1.4 – Регуляторы расхода

1.2.2 Распределительные устройства

Распределительные устройства применяются для изменения направления движения жидкости в нескольких трубопроводах – это краны и гидрораспределители (рис. 1.5–1.7).

Распределительные устройства подразделяются:

– по виду управляющего сигнала: электромагнитный, ручной, механический, пневмо- и гидравлический с односторонним и двусторонним управлением (рис. 1.5 – рис. 1.7);

- по числу позиций: 1-, 2-, 3- - и т. п. (рис. 1.5–1.7);

- по числу трубопроводов: 4-, 5-, 6-линейные и другие (линейность – количество трубопроводов, которые подведены к распределителю с обеих сторон) (рис. 1.5 – рис. 1.7).

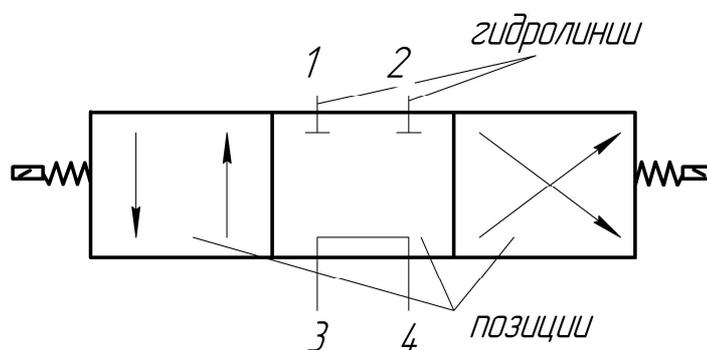


Рисунок 1.5 – Гидрораспределитель трёхпозиционный с двусторонним электромагнитным управлением смены рабочих позиций, четырёхлинейный

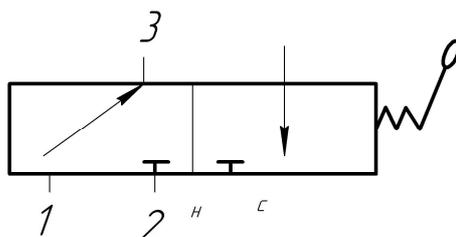


Рисунок 1.6 – Гидрораспределитель 2-позиционный, 3-линейный с ручным односторонним управлением

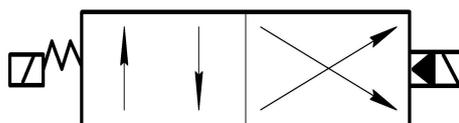


Рисунок 1.7 – Гидрораспределитель 2-позиционный, 4-линейный гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением

1.2.3 Элементы системы управления

- конечные выключатели;
- пусковые кнопки;
- клапаны последовательности;
- реле давления и времени, датчики давления;
- логические элементы;
- контролируемые устройства (манометры);
- вспомогательные устройства.

1.2.3.1 Реле давления. Реле давления – это гидроустройство, дающее сигнал о достижении в системе заданного давления.

Принципиальная схема реле давления приведена на рис. 1.8.

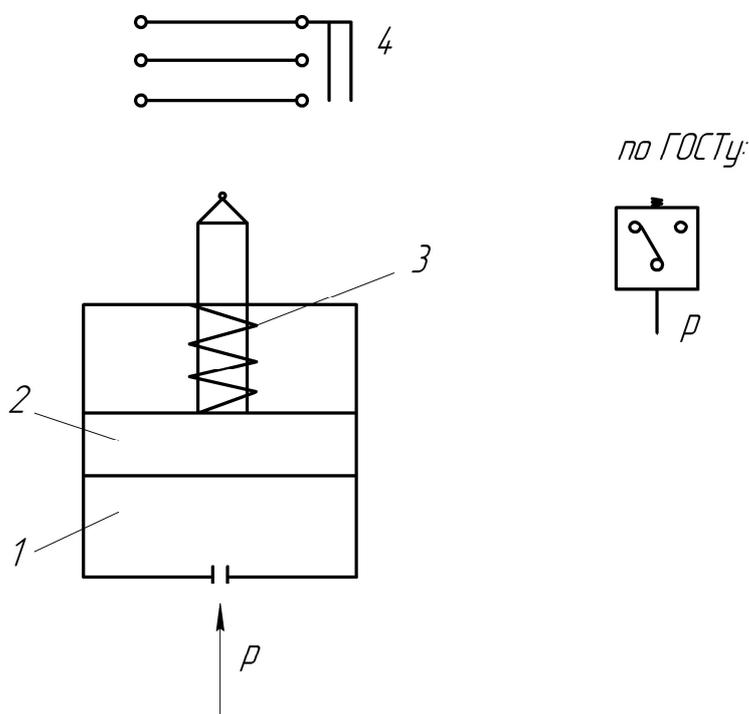


Рисунок 1.8 – Реле давления

Если давление P в системе возрастает до давления настройки пружины, то поршень 2 поднимется вверх и замкнет или разомкнет электрические контакты 4. Возникает сигнал от том, что давление P в системе достигло заданного значения.

1.2.3.2 Реле времени. Реле времени – это устройство, позволяющее пропустить поток жидкости к какому-нибудь потребителю через необходимый (настраиваемый) промежуток времени. Настройка времени выдержки может осуществляться изменением сопротивления движению вытесняемой жидкости. Реле времени еще называют клапанами выдержки времени (рис. 1.9). При зарядке устройства жидкость заполняет цилиндр 1,

поднимая поршень 2 вверх. Процесс опускания поршня цилиндра длится столько времени, сколько необходимо (под давлением пружины) скорость и расход регулируется дросселем – до замыкания / (или) размыкания электроконтактов 4 (рис. 1.9).

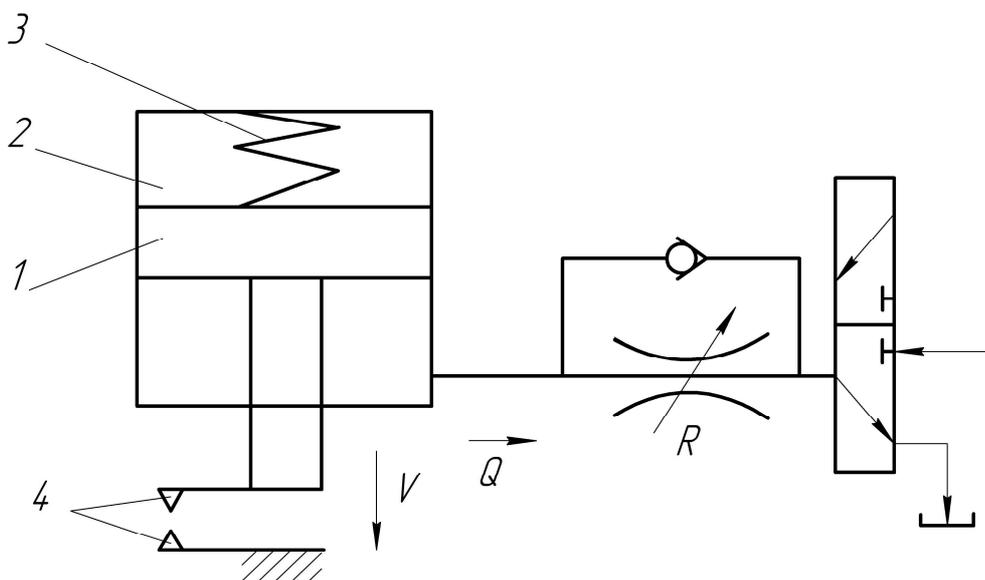
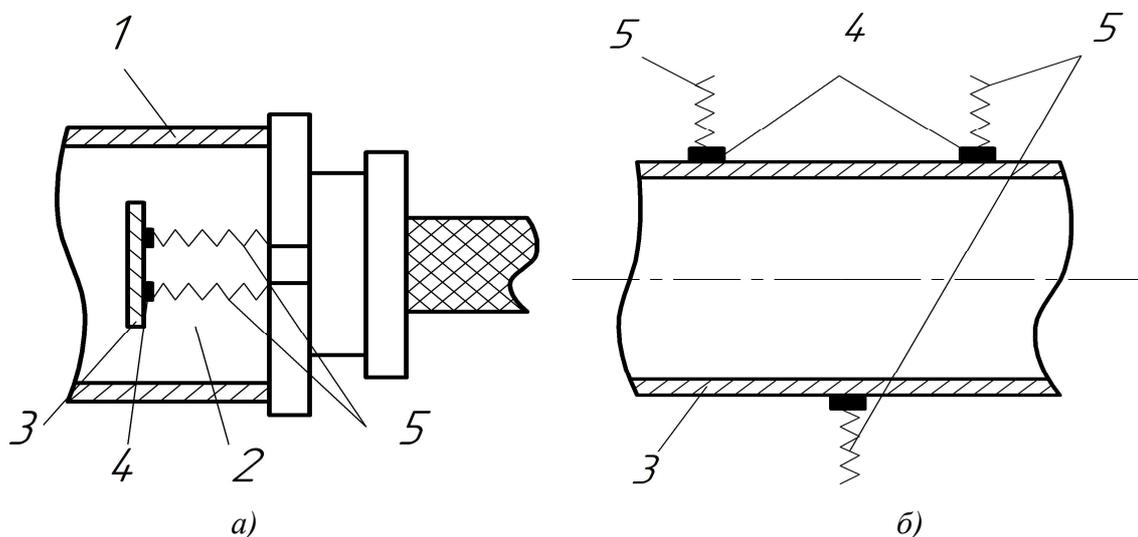


Рисунок 1.9 – Реле времени

1.2.3.3 Датчики давления. Датчики давления предназначены для получения постоянной информации о значении давления P в измеряемых точках (могут быть непроточные и проточные) (рис. 1.10).



а – непроточный (глухой); б – проточный

Рисунок 1.10 – Датчики давления

Под давлением P мембрана 3 (рис. 1.10.а) или тонкая стенка 3 (рис. 1.10.б) датчика давления 2 прогибается и вместе с ней изменяется

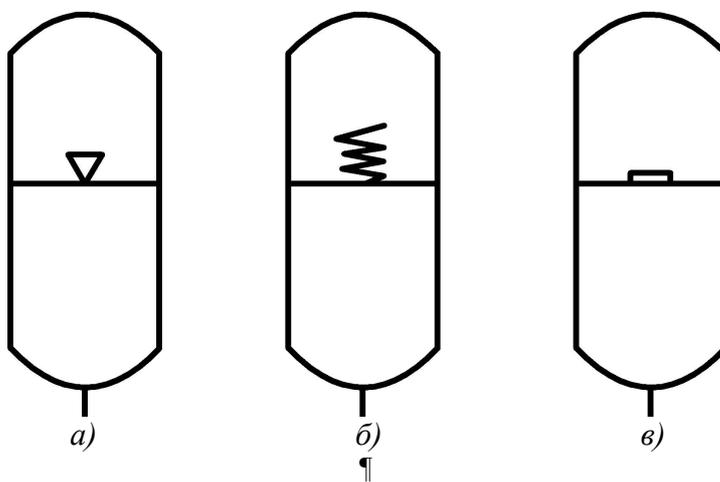
длина тензометров 4, наклеенных на поверхность мембраны или тонкой стенки. Их сопротивление, а следовательно и сила тока в деформированных тензометрах меняется, что фиксируется усилительной аппаратурой и высвечивается на табло или фиксируется в памяти ЭВМ. Чем больше P , тем больше деформация датчика, и больше электрический сигнал, снимаемый с датчика давления по проводам 5 (рис. 1.10).

1.2.3.4 Логические элементы. Логические элементы – это различные струйные аппараты, принцип действия которых основан на использовании физических эффектов, возникающих при струйном течении воздуха или жидкостей (эффекты эжекции, и прилипания струи к стенке, эффект отражения струй и т.д.).

1.2.3.5 Вспомогательные устройства. Вспомогательные устройства – это устройства, обеспечивающие нужное качество и состояние рабочей жидкости, отделители твердых частиц:

- фильтры;
- теплообменники – для подогрева (охлаждения) рабочей жидкости до рабочей температуры (охладители, нагреватели);
- гидробаки;
- гидроаккумуляторы.

1.2.3.5.1 Гидроаккумуляторы. Условные обозначения гидроаккумуляторов приведены на рис. 1.11.



а – газогидравлический; б – пружинный; в – грузовой
Рисунок 1.11 – Гидроаккумуляторы

1.2.3.5.2 Фильтры. Фильтры (рис. 1.12) очищают рабочую жидкость от твердых частиц, продуктов износа, окраски и пр., что повышает долговечность работы гидропривода.

Фильтры (рис. 1.12) делятся на две группы:

- фильтры поверхностного действия (сетчатые, пластинчатые, глубинные);

– силовые фильтры – в которых для очистки жидкости используются силовые поля (магнитные, гравитационные, электростатические).

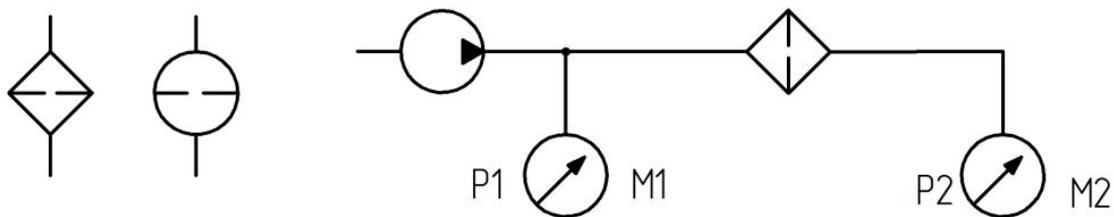


Рисунок 1.12 – Фильтры

Если включен фильтр и известен перепад давления на нем, то при $\Delta P < (0,5 \div 2)$ ат, то считается, что фильтр работает более или менее хорошо, если $\Delta P > 2$ ат, то значит, что фильтр уже вышел из строя. Часто рядом с фильтром параллельно устанавливается переливной клапан, который срабатывает при засорении фильтра (рис. 1.12).

А вообще фильтры устанавливаются абсолютно на всех гидролиниях. Отсюда и название: всасывающие, напорные, сливные (рис. 1.12).

2 ГИДРОПРИВОДЫ

2.1 Гидроприводы общего назначения

По виду источника энергии гидроприводы бывают:

1. Насосный гидропривод.

Особенностью насосного гидропривода является то, что рабочая жидкость подается в гидродвигатель объемным насосом, входящим в состав гидропривода.

2. Аккумуляторный гидропривод.

Особенностью аккумуляторного гидропривода является то, что рабочая жидкость подается в гидродвигатель от предварительно заряженного гидроаккумулятора. Такие гидроприводы используются в системах с кратковременным рабочим циклом или ограниченным числом рабочих циклов.

3. Магистральный гидропривод.

Особенностью магистрального гидропривода является то, что рабочая жидкость поступает в гидродвигатель из заводской гидромагистрали. Напор рабочей жидкости в гидромагистрали создается насосной станцией, состоящей из одного или нескольких насосов и питающей несколько гидроприводов (централизованная система питания).

Если в объемном гидроприводе отсутствует устройство для изменения скорости выходного звена, то такой привод – нерегулируемый. Если скорость выходного звена можно изменять по заданному закону – регулируемый.

Применяются два основных способа регулирования скорости выходного звена – это дроссельное регулирование и объемное регулирование. Существует и комбинируемый способ – объемно-дроссельный.

Еще существует и третий способ – регулирование скорости приводящим двигателем (эл. двигателем или дизелем).

Регулирование скорости в гидроприводах может быть ручным, автоматическим, программным. Если в гидроприводах скорость выходного звена поддерживается постоянной при изменении внешних воздействий, то такой гидропривод называют стабилизированным.

Начнем с основных способов регулирования.

2.2 Гидроприводы с дроссельным регулированием

Назначение гидроприводов с дроссельным регулированием – это изменение скорости поршня гидроцилиндра при неизменной подаче насоса.

Преимущества гидроприводов с дроссельным регулированием – это возможность широкого использования дешевых и простых нерегулируемых гидромашин.

Основной недостаток гидроприводов с дроссельным регулированием – это малая экономичность. Коэффициент полезного действия (КПД) при последовательном соединении дросселя не выше 35% (при параллельном выше), это объясняется тем, что даже при оптимальном режиме работы гидропривода, только порядка 58% подачи насоса идет в гидродвигатель (остальное сливается через предохранительный клапан, не выполняя полезной работы). При параллельном подключении дросселя часть жидкости сливается в бак через дроссель, также не выполняя полезной работы. С другой стороны лишь $2/3$ давления насоса используется в гидродвигателе – остальное теряется на дросселе. Чем больше открыт дроссель, тем больше КПД (КПД – меняется). Т.е. потери мощности N происходят одновременно и в дросселе, и в клапане.

Поэтому гидроприводы с дроссельным регулированием применяются в машинах малой мощности или в тех случаях, когда экономические показатели не имеют существенного значения.

Различают три варианта установки дросселя: дроссель на входе, на выходе и параллельно гидродвигателю. Чаще всего гидропривод с дроссельным управлением применяют для гидроцилиндров.

2.2.1 Дроссель на входе гидроцилиндра

Принципиальная схема гидропривода с дросселем на входе гидроцилиндра представлена на рис. 2.1.

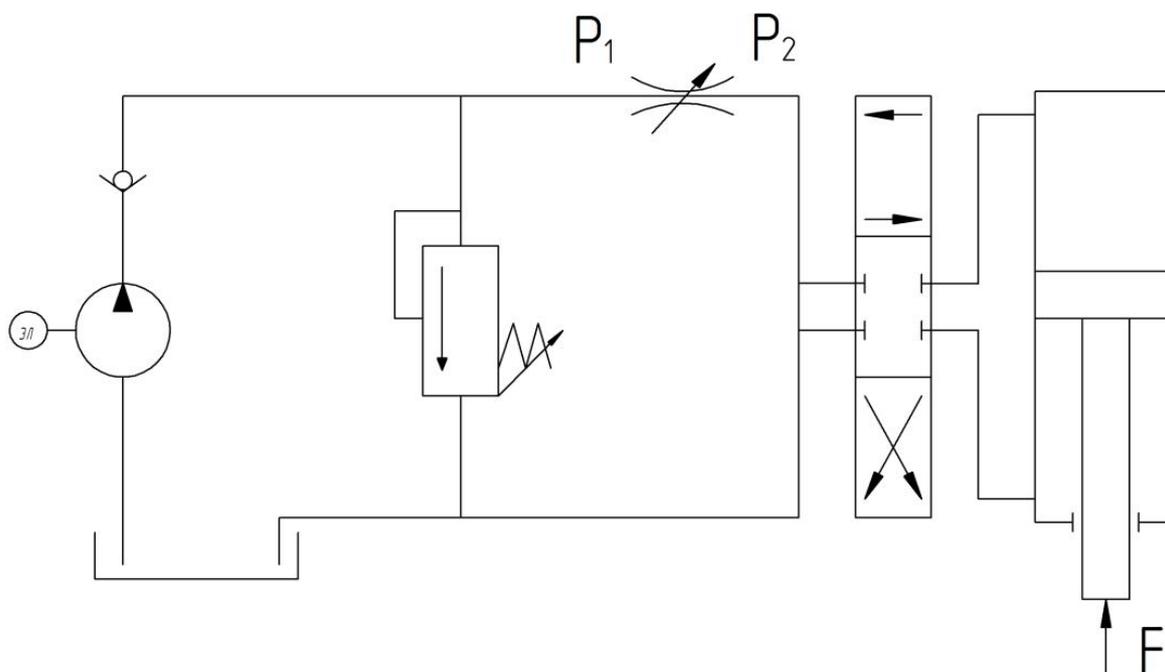


Рисунок 2.1 – Дроссель на входе гидроцилиндра

Установка дросселя на входе гидроцилиндра допускает регулирование скорости гидродвигателя возвратно-поступательного действия (гидроцилиндра) только в том случае, если направление действия нагрузки не совпадает с направлением движения ведомого звена (штока цилиндра).

Если нагрузка направлена в ту же сторону, что и движение штока, то при уменьшении подачи через дроссель поршень может под действием нагрузки перемещаться быстрее, чем будет заполняться рабочей жидкостью полость цилиндра. Произойдет разрыв потока в гидролинии за движущимся поршнем, т. е. выходное звено привода перестает перемещаться по заданному закону. Если внешней силой является вес опускаемого груза, который может упасть, то такую схему включения применять нельзя.

Регулировочная и нагрузочная характеристики привода – это зависимости $V_n = f(S_{gp})$ и $V_n = f(F)$.

Для вывода уравнения характеристик приравниваем расход дросселя Q_{gp} (1.1) расходу гидроцилиндра Q_{Γ} : $Q_{gp} = Q_{\Gamma}$.

Математически уравнение расходов можно представить как

$$\mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)} = V_n \cdot S_n, \quad (2.1)$$

где $P_1 = P_K$, $P_2 = F / (S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl})$.

Из уравнения (2.1) находим зависимость скорости поршня V_n от площади открытия дросселя S_{gp} и от нагрузки F на штоке поршня:

$$V_n = \mu_{gp} \cdot \frac{S_{gp}}{S_n} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(P_K - \frac{F}{S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl}} \right)}, \quad (2.2)$$

где μ_{gp} – безразмерный коэффициент расхода дросселя;

$S_{gp} = (\pi d_{gp}^2 / 4)$ – площадь открытия дросселя, м²;

d_{gp} – диаметр дросселя, м;

S_n – площадь поршня, м²;

$\Delta P_{gp} = P_1 - P_2$ – перепад давления на дросселе, Па;

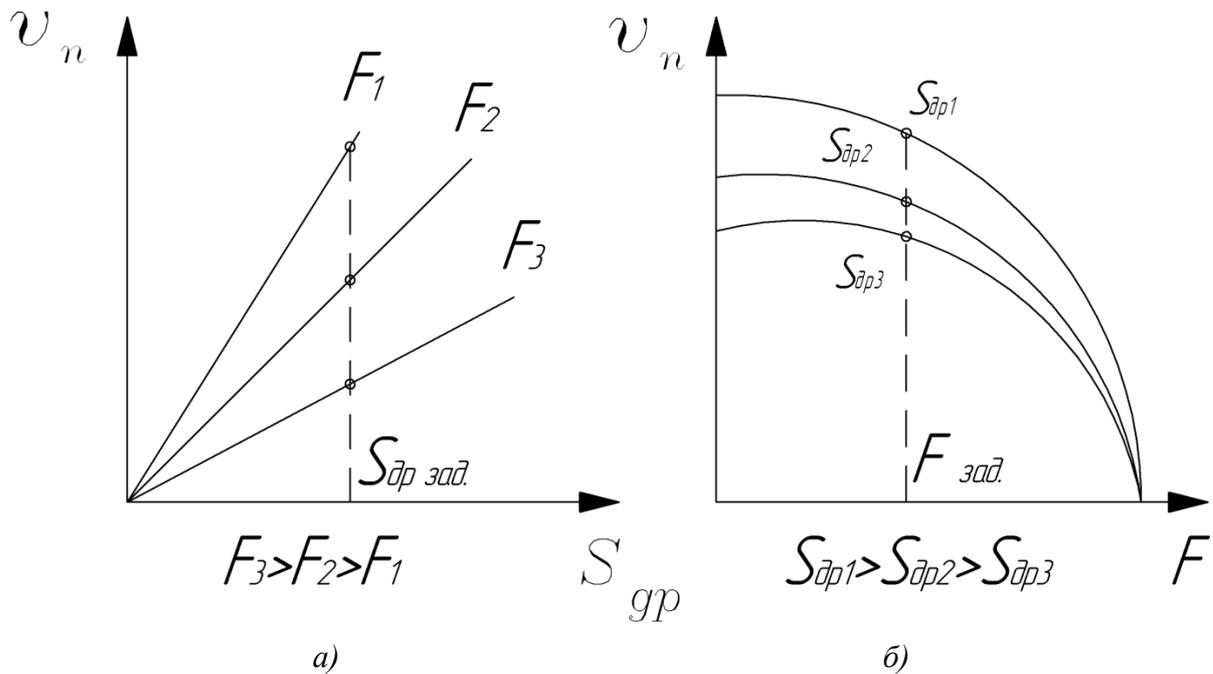
$P_1 = P_K$ – давление до дросселя (на входе дросселя), Па;

$P_2 = F / (S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl})$ – давление после дросселя (на выходе дросселя), Па;

ρ – плотность рабочей жидкости (масла), кг/м³;

η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

Уравнение (2.2) определяет вид характеристик гидропривода с дросселем на входе гидроцилиндра.



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.2 – Характеристики гидропривода с дросселем на входе гидроцилиндра

Если полагать, что внешняя нагрузка F постоянна, т. е. $F = const$, а площадь открытия дросселя переменна, т. е. $S_{gp} = var$, то из (2.2) находим вид регулировочных характеристик – это веер прямых линий, исходящих из начала координат (рис. 2.2, а). Если полагать, что площадь открытия дросселя S_{gp} постоянна, т.е. $S_{gp} = const$, а внешняя нагрузка F переменна, т.е. $F = var$, то из (2.2) находим вид нагрузочных характеристик – это семейство парабол, сходящихся в общей нижней точке на оси абсцисс $F^{**} = P_K \cdot S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl}$ (рис. 2.2, б).

Область применения гидропривода с дросселем на входе гидроцилиндра. Так как при изменении нагрузки F колеблется и скорость V_n выходного звена привода, то система может применяться в тех случаях, когда нагрузка примерно постоянна по величине $F \approx const$ и, что обязательно, – постоянна по направлению, т. е. $F \uparrow \downarrow V_n$.

2.2.2 Дроссель на входе гидродвигателя с неограниченным вращательным движением (гидрораспределитель в рабочей позиции II)

Как и в предыдущем случае 2.2.1, регулировка частоты вращения гидромотора возможна только в случае, если момент сопротивления на роторе гидромотора направлен в сторону, противоположную направлению вращения его ротора (рис. 2.3), т. е. $n_{ГМ} \uparrow \downarrow M_C$.

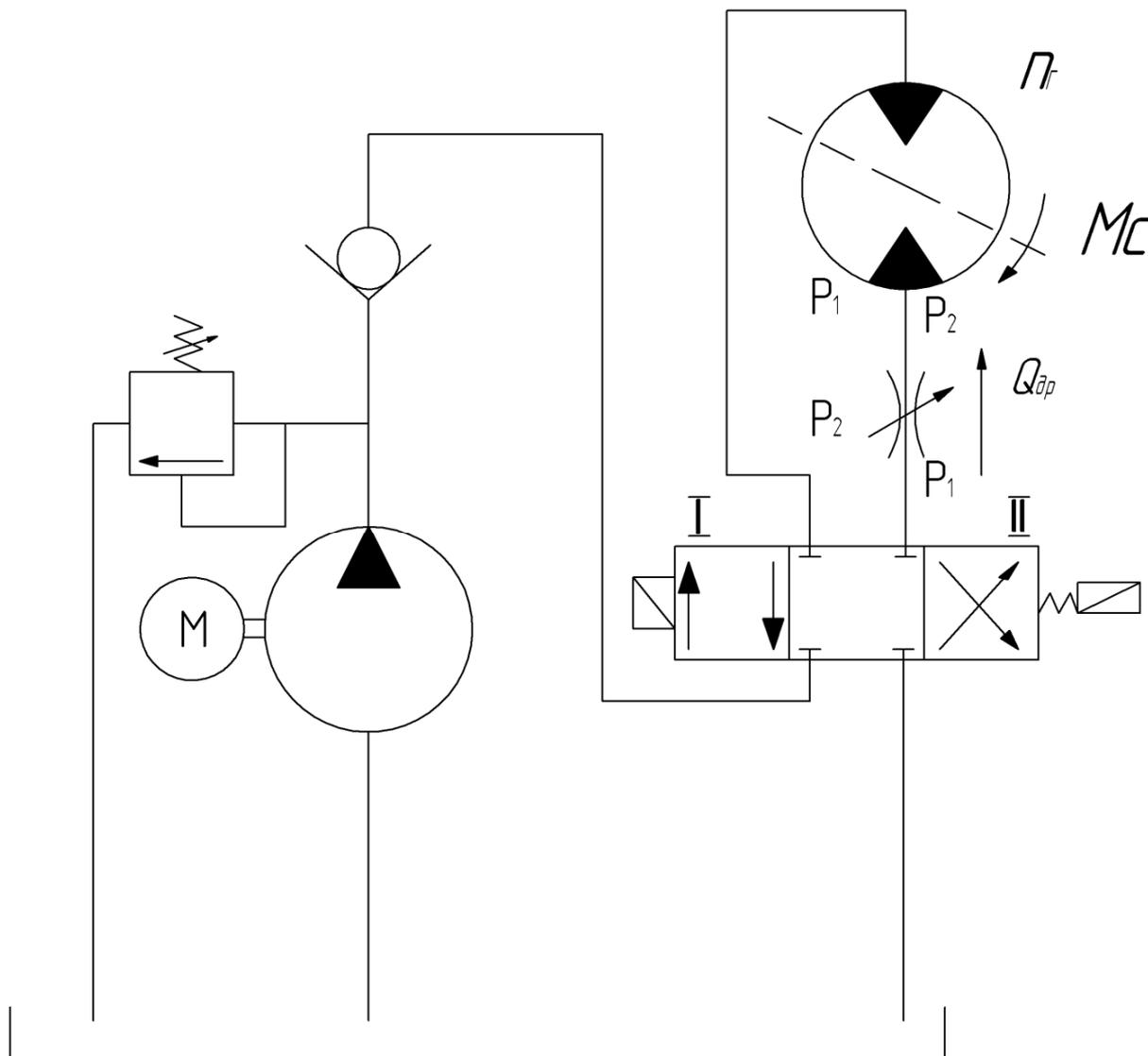


Рисунок 2.3 – Дроссель на входе гидродвигателя

Для получения зависимостей частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины момента сопротивления M_c приравняем расход дросселя расходу гидромотора: $Q_{gp} = Q_{ГМ}$.

Выражаем расход дросселя Q_{gp} через его параметры и расход гидромотора $Q_{ГМ}$ – через параметры гидромотора:

$$\mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)} = V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} \quad (2.3)$$

где $V_{ГМ}^{vol}$ – рабочий объем гидромотора, м³/об;

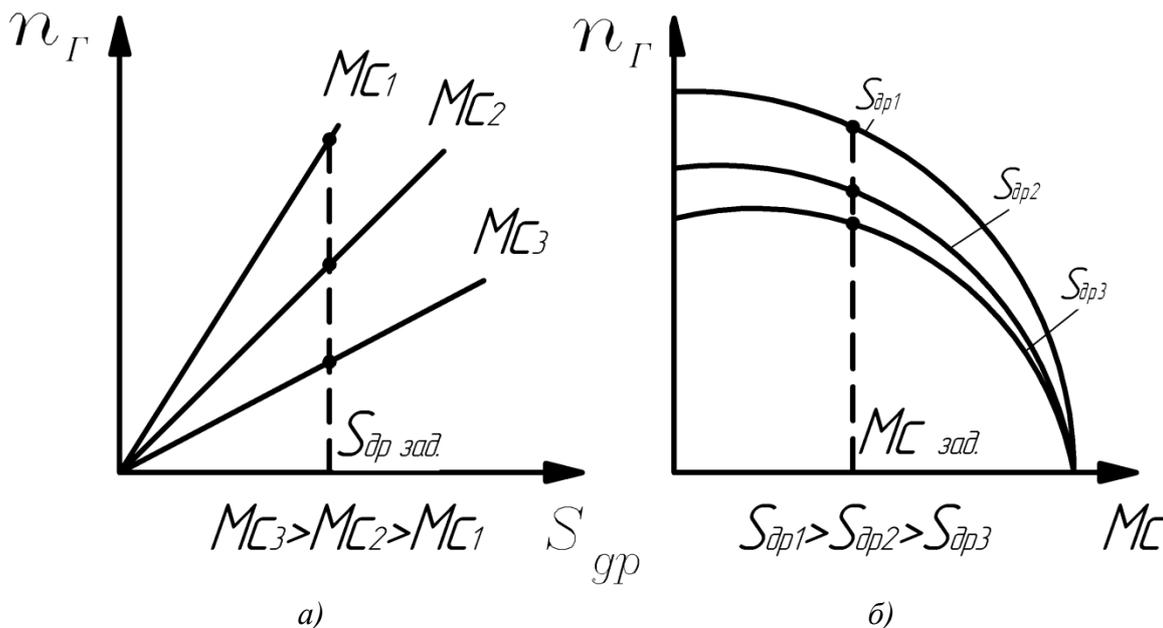
$n_{ГМ}$ – частота вращения ротора гидромотора, которую регулируют изменением площади открытия дросселя (S_{gp}), об/с;

P_1 – давление на входе дросселя, Па (если не учитывать потери давления, то давление P_1 примерно равно давлению настройки предохранительного клапана P_K : $P_1 \approx P_K$);

P_2 – давление на выходе дросселя, Па (если не учитывать потери давления, то давление P_2 зависит от нагрузки: $P_2 = 2 \cdot \pi \cdot M_C / (V_{\Gamma M}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{\Gamma M})$);
 $\eta_{mech}^{\Gamma M}$ – механический КПД гидромотора.

Подставив значения P_1 и P_2 в уравнение (2.3), решаем (2.3) относительно частоты вращения ротора гидромотора $n_{\Gamma M}$ (рис. 2.4):

$$n_{\Gamma M} = \mu_{gp} \cdot \frac{S_{gp}}{V_{\Gamma M}^{vol}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(P_K - \frac{2\pi \cdot M_C}{V_{\Gamma M}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{\Gamma M}} \right)}, \quad (2.4)$$



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.4 – Характеристики гидропривода с дросселем на входе гидродвигателя

Анализируя полученную формулу (2.4), на рис. 2.4 строим графики зависимости $n_{\Gamma M} = f(S_{gp})$ и $n_{\Gamma M} = f(M_C)$.

Уравнение (2.4) определяет вид характеристик гидропривода с дросселем на входе гидромотора.

Если полагать, что внешний момент M_C постоянен, т.е. $M_C = const$, а площадь открытия дросселя переменна, т.е. $S_{gp} = var$, то из (2.4) находим вид регулировочных характеристик – это веер прямых линий, исходящих из начала координат (рис. 2.4.а).

Если полагать, что площадь открытия дросселя S_{gp} постоянна, т.е. $S_{gp} = const$, а внешний момент M_C переменный, т.е. $M_C = var$, то из (2.4) находим вид нагрузочных характеристик – это семейство парабол на рис. 2.4.б, сходящихся в общей нижней точке на оси абсцисс $M_C^{**} = (P_K \cdot V_{\Gamma M}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{\Gamma M}) / 2 \cdot \pi$.

2.2.3 Дроссель на выходе гидроцилиндра

Принципиальная схема гидропривода с дросселем на выходе гидроцилиндра представлена на рис. 2.5.

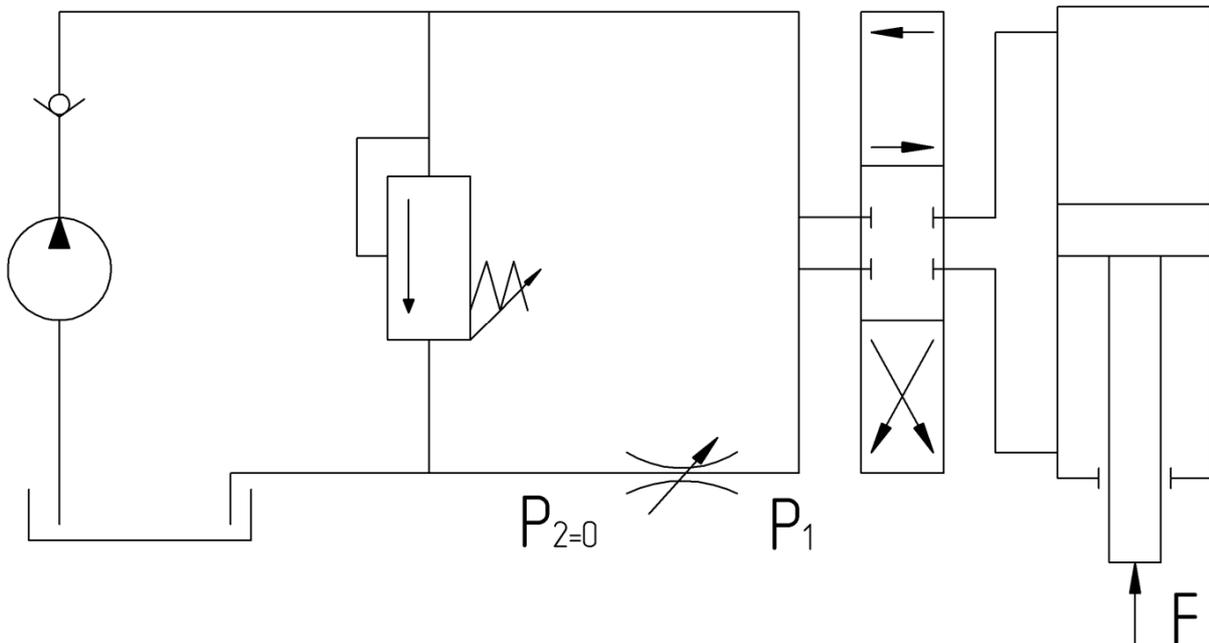


Рисунок 2.5 – Дроссель на выходе гидроцилиндра

На рис. 2.5 дроссель установлен на сливной гидролинии. В этом случае при любом направлении нагрузки на штоке поршня разрыва потока жидкости в гидролинии не будет. Если нагрузка направлена против движения поршня, то внешнюю силу F должно преодолеть усилие, созданное давлением насоса. Если направление F совпадает с направлением движения поршня, то увеличению скорости препятствует сопротивление дросселя. Закрыв отверстие дросселя, можно полностью прекратить движение поршня. Тепло, выделяющееся при прохождении жидкости через дроссель, отводится в бак. При этом гидродвигатель не нагревается.

Рассмотрим построение характеристик для схемы на рис. 2.5.

Для вывода уравнения характеристик приравняем расход гидроцилиндра Q_{Γ} расходу дросселя Q_{gp} (1.1): $Q_{\Gamma} = Q_{gp}$.

Математически уравнение расходов можно представить как

$$V_n \cdot S_{eff} = \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)}, \quad (2.5)$$

где V_n – скорость движения поршня, м/с;
 $S_{eff} = (\pi/4)(D_n^2 - d_{sh}^2)$ – эффективная площадь поршня со стороны штока, м² (рис. 2.6).

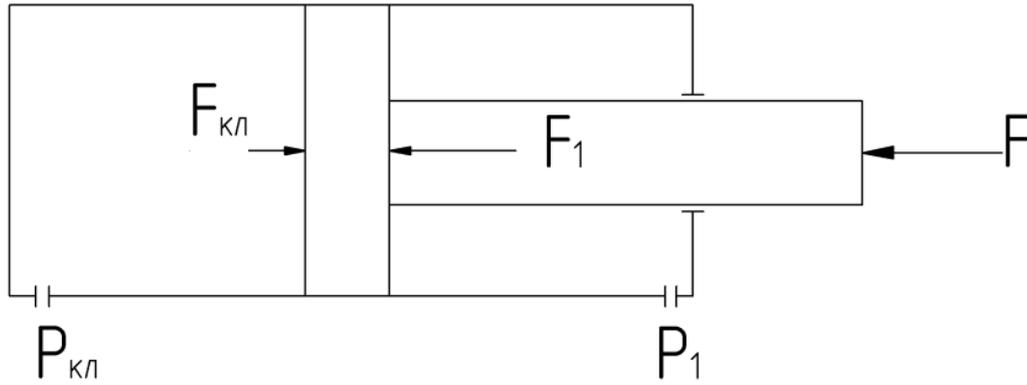


Рисунок 2.6 – Расчетная схема для дросселя на выходе гидроцилиндра

Условие равновесия поршня для системы сходящихся сил на рис. 2.6 сводится к условию $\Sigma F_{kx} = 0$:

$$P_K \cdot S_n - P_1 \cdot S_{eff} - \frac{F}{\eta_{mech}^{cyl}} = 0 , \quad (2.6)$$

Из (2.6) следует, что давление P_1 в штоковой полости гидроцилиндра на рис. 2.5 и рис. 2.6 определяется как

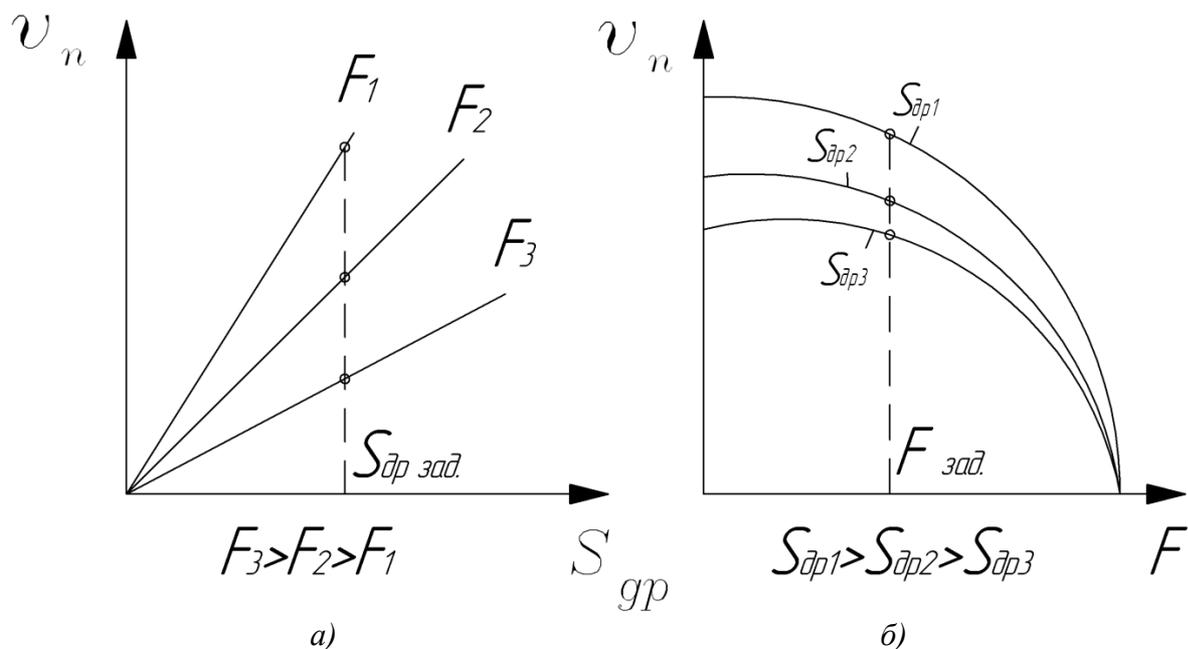
$$P_1 = P_K \cdot \frac{S_n}{S_{eff}} - \frac{F}{\eta_{mech}^{cyl} \cdot S_{eff}} . \quad (2.7)$$

Подставляем полученное из (2.7) давление P_1 в формулу (2.5) и, учитывая, что $P_2 \approx 0$, получим:

$$V_n = \mu_{gp} \cdot \frac{S_{gp}}{S_{eff}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(P_K \cdot \frac{S_n}{S_{eff}} - \frac{F}{\eta_{mech}^{cyl} \cdot S_{eff}} \right)} , \quad (2.8)$$

Т.е. регулировочные характеристики $V_n = f(S_{gp})$ (рис. 2.7.а) имеют тот же вид, что и в схеме 2.2.1 (нагрузочные характеристики $V_n = f(F)$ (рис. 2.7.б) могут быть другие, если направление F совпадает с направлением движения поршня).

¶



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.7 – Характеристики гидропривода с дросселем на выходе гидроцилиндра

Область применения. Схема с дросселем на выходе гидроцилиндра применяется в тех случаях, когда нагрузка носит переменный по направлению характер и необходимо торможение или фиксация поршня в заданном положении.

2.2.4 Дроссель на выходе гидродвигателя с неограниченным вращательным движением – на выходе гидромотора

Принципиальная схема гидропривода с дросселем на выходе гидромотора представлена на рис. 2.3 для случая, когда гидрораспределитель находится в рабочей позиции I. Для получения зависимостей частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины момента сопротивления M_C , т. е. для определения $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$, приравниваем расход гидромотора $Q_{ГМ}$ расходу через дроссель Q_{gp} : $Q_{ГМ} = Q_{gp}$ или

$$V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} = \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)}, \quad (2.9)$$

где $V_{ГМ}^{vol}$ – рабочий объем гидромотора, м³/об;
 $n_{ГМ}$ – частота вращения ротора гидромотора, которую регулируют изменением площади открытия дросселя (S_{gp}), об/с;

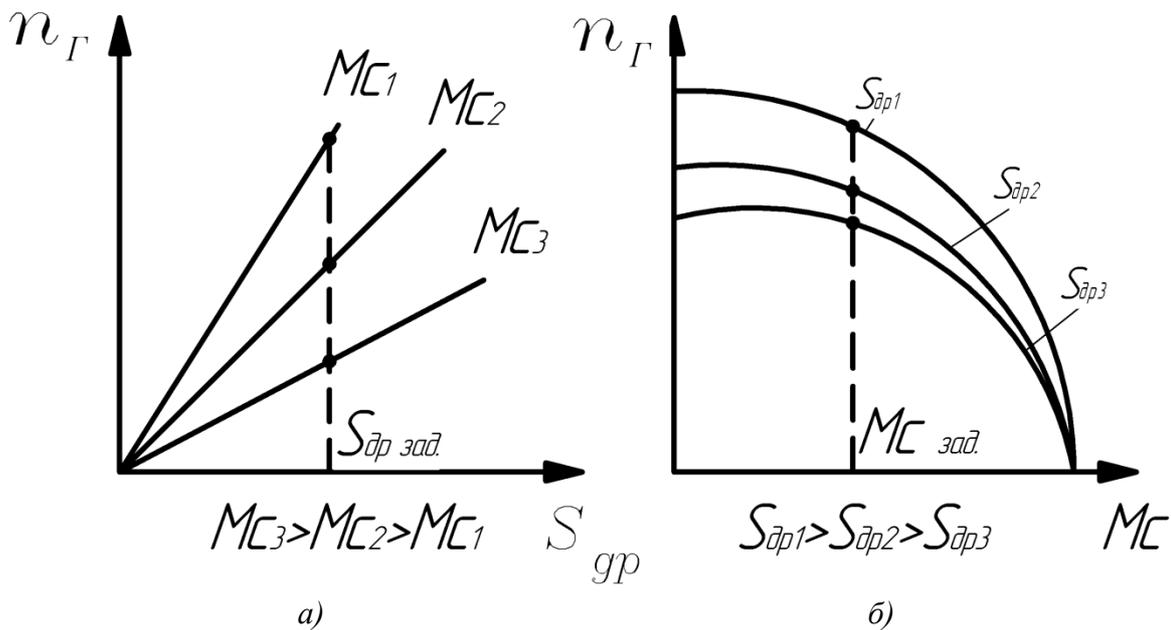
P_1 – давление на входе дросселя, Па (если не учитывать потери давления, то давление P_1 примерно равно $P_1 \approx P_K - (2 \cdot \pi \cdot M_C / (V_{GM}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{GM}))$);
 P_2 – давление на выходе дросселя, Па ($P_2 \approx 0$);
 η_{mech}^{GM} – механический КПД гидромотора.

Подставив значения P_1 и P_2 в уравнение (2.9), решаем (2.9) относительно частоты вращения ротора гидромотора n_{GM} :

$$n_{GM} = \mu_{gp} \cdot \frac{S_{gp}}{V_{GM}^{vol}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(P_K - \frac{2\pi \cdot M_C}{V_{GM}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{GM}} \right)}, \quad (2.10)$$

Анализируя полученную формулу (2.10), на рис. 2.8 строим графики зависимостей $n_{GM} = f(S_{gp})$ и $n_{GM} = f(M_C)$.

¶



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.8 – Характеристики гидропривода с дросселем на выходе гидродвигателя

Уравнение (2.10) определяет вид характеристик гидропривода с дросселем на выходе гидромотора. Если полагать, что внешний момент M_C постоянен, т.е. $M_C = const$, а площадь открытия дросселя переменна, т.е. $S_{gp} = var$, то из (2.10) находим вид регулировочных характеристик – это веер прямых линий, исходящих из начала координат (рис. 2.8.а). Если полагать, что площадь открытия дросселя S_{gp} постоянна, т.е. $S_{gp} = const$, а внешний момент M_C переменный, т.е. $M_C = var$, то из (2.10) находим вид нагрузочных характеристик – это семейство парабол на рис. 2.8.б, сходящихся в общей нижней точке на оси абсцисс $M_C^{**} = (P_K \cdot V_{GM}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{GM}) / 2 \cdot \pi$.

2.2.5 Дроссель, установленный параллельно гидроцилиндру

Принципиальная схема гидропривода с дросселем, установленным параллельно гидроцилиндру, представлена на рис. 2.9.

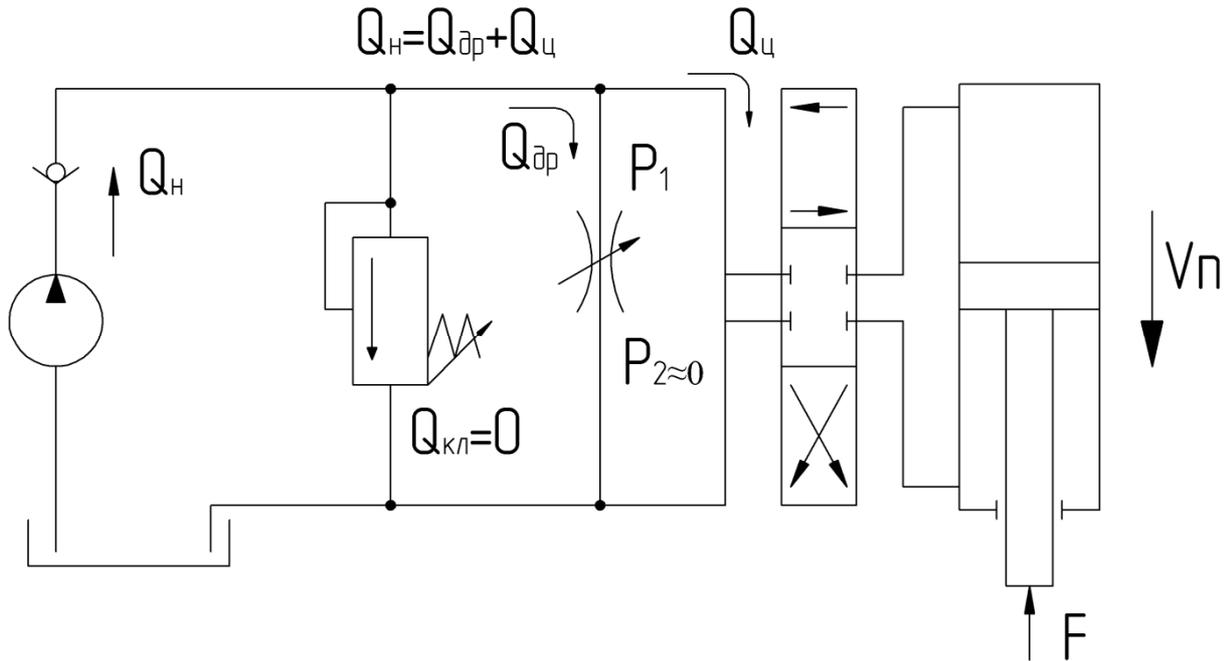


Рисунок 2.9 – Дроссель, установленный параллельно гидроцилиндру

При установке дросселя параллельно гидроцилиндру, жидкость, нагнетаемая насосом (Q_H), разделяется на два потока: часть жидкости уходит через дроссель (Q_{gp}), а часть – в гидроцилиндр (Q_Γ). Предохранительный клапан срабатывает только при перезагрузке гидропередачи ($Q_K=0$). Тепло отводится через дроссель – в бак.

Для получения регулировочных $V_n = f(S_{gp})$ и нагрузочных $V_n = f(F)$ зависимостей приравняем подачу насоса (Q_H) сумме расходов через дроссель (Q_{gp}) и цилиндр (Q_Γ): $Q_H = Q_{gp} + Q_\Gamma$, откуда $Q_\Gamma = Q_H - Q_{gp}$. Т.о.

$$V_n \cdot S_n = Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)}, \quad (2.11)$$

где $P_1 = F / (S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl})$; $P_2 \approx 0$, если не учитывать потери давления; η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

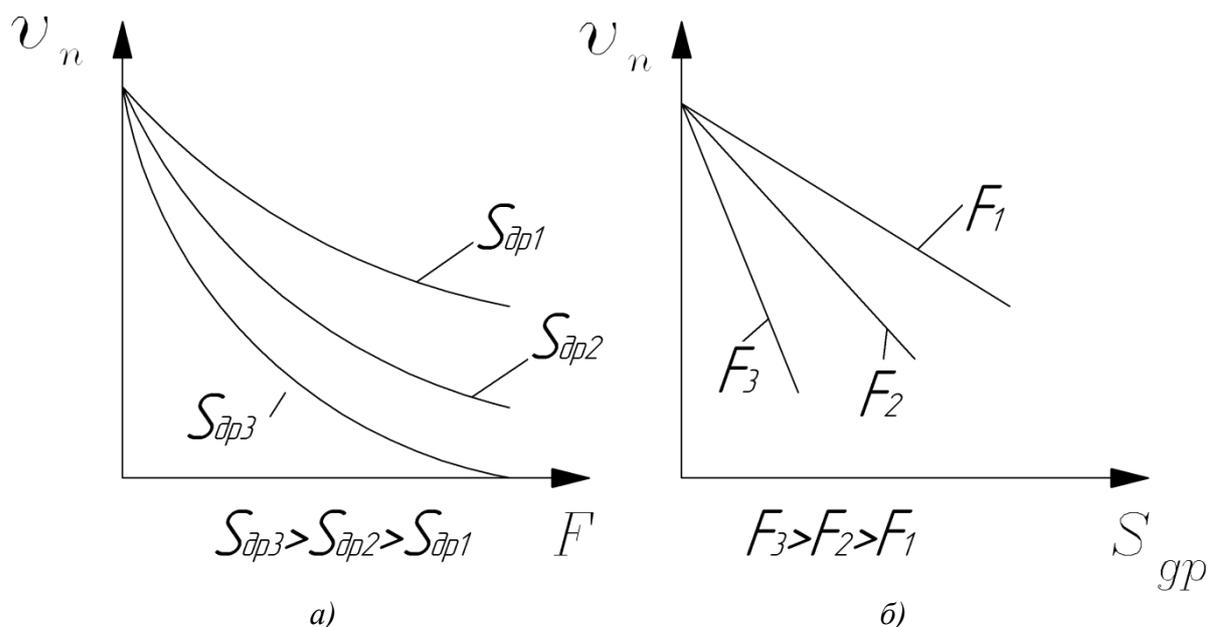
Тогда уравнение расходов (2.11) примет вид:

$$V_n \cdot S_n = Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(\frac{F}{S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl}} - 0 \right)}. \quad (2.12)$$

Решая (2.12) относительно скорости поршня V_n , получаем искомое алгебраическое соотношение для скорости поршня V_n :

$$V_n = \left(\frac{1}{S_n} \right) \cdot \left(Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{F}{S_n \cdot \eta_{mech}^{cyl}}} \right). \quad (2.13)$$

Уравнение (2.13) определяет вид характеристик гидропривода с дросселем, установленным параллельно гидроцилиндру (рис. 2.10).



а – нагрузочные; б – регулировочные
 Рисунок 2.10 – Характеристики гидропривода с дросселем, установленным параллельно гидроцилиндру

2.2.6 Дроссель, установленный параллельно гидромотору

Принципиальная схема гидропривода с дросселем, установленным параллельно гидромотору, представлена на рис. 2.11.

При установке дросселя параллельно гидромотору, жидкость, нагнетаемая насосом (Q_H), разделяется на два потока: часть жидкости уходит через дроссель (Q_{gp}), а часть – в гидромотор ($Q_{ГМ}$). Предохранительный клапан срабатывает только при перезагрузке гидропередачи ($Q_K=0$). Тепло отводится через дроссель – в бак.

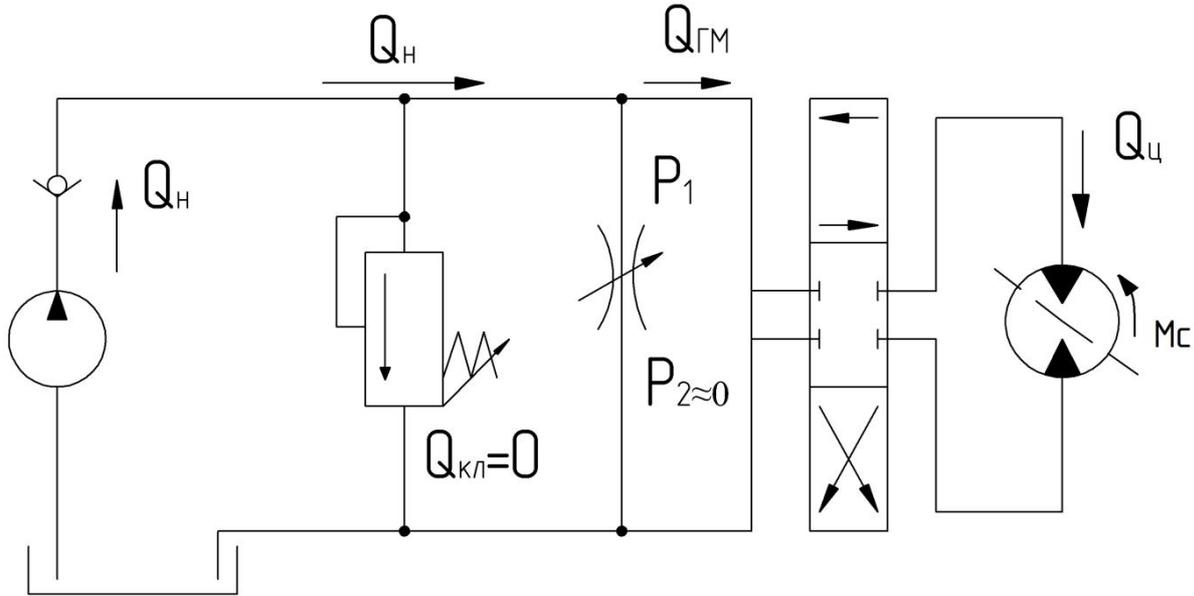


Рисунок 2.11 – Дроссель, установленный параллельно гидромотору

Если считать, что перегрузки по давлению нет и предохранительный клапан закрыт ($Q_k=0$), то для получения регулировочных $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и нагрузочных $n_{ГМ} = f(M_C)$ зависимостей приравняем подачу насоса (Q_H) сумме расходов через дроссель (Q_{gp}) и гидромотор ($Q_{ГМ}$): $Q_H = Q_{gp} + Q_{ГМ}$, откуда $Q_{ГМ} = Q_H - Q_{gp}$. Т.о.

$$V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} = Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)}, \quad (2.14)$$

где $P_1 = 2 \cdot \pi \cdot M_C / (V_{ГМ}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{ГМ})$; $P_2 \approx 0$, если не учитывать потери давления по длине трубопровода и на местных гидросопротивлениях;

$\eta_{mech}^{ГМ}$ – механический КПД гидромотора.

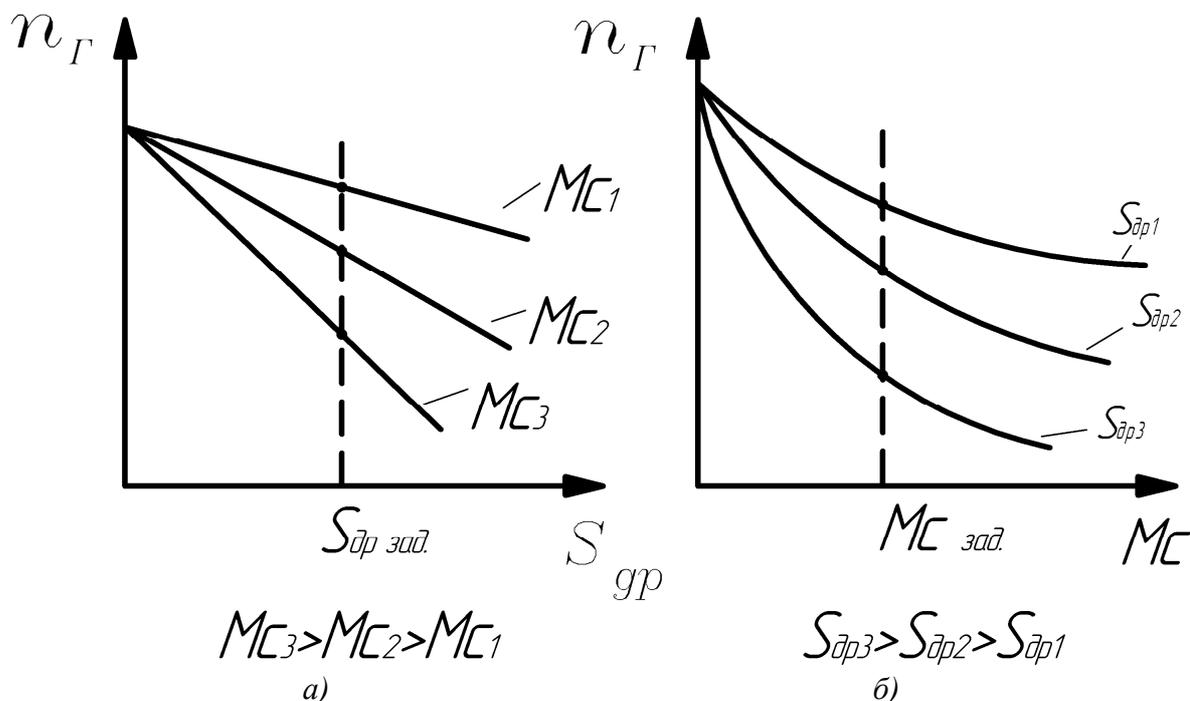
Тогда уравнение расходов (2.14) примет вид:

$$V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} = Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left(\frac{2\pi \cdot M_C}{V_{ГМ}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{ГМ}} - 0 \right)}. \quad (2.15)$$

Решая (2.15) относительно частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$, получаем искомое алгебраическое соотношение для $n_{ГМ}$:

$$n_{ГМ} = \left(\frac{1}{V_{ГМ}^{vol}} \right) \cdot \left(Q_H - \mu_{gp} \cdot S_{gp} \cdot \sqrt{\frac{4}{\rho} \cdot \frac{\pi \cdot M_C}{V_{ГМ}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{ГМ}}} \right). \quad (2.16)$$

Уравнение (2.16) определяет вид характеристик гидропривода с дросселем, установленным параллельно гидромотору (рис. 2.12).



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.12 – Характеристики гидропривода
 с дросселем, установленным параллельно гидромотору

Гидросхемы с дроссельным регулированием относятся к так называемым открытым схемам. Т.е. имеется маслобак, из которого насос качает жидкость в гидродвигатель, а из гидродвигателя жидкость сливается снова в бак. Преимущества – это простота настройки и регулирования. Недостатки – это необходимость использования бака большой емкости, поскольку емкость маслобака примерно составляет от 20 до 40 минутных производительностей насоса.

2.3 Гидроприводы с объемным регулированием

2.3.1 Гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром

Принципиальная схема гидропривода с регулируемым насосом и гидроцилиндром представлена на рис. 2.13.

В гидроприводах с объемным регулированием скорости могут применяться закрытые схемы.

Объемное (машинное) регулирование, в основном, применяется в приводах большой мощности ($N > 5 \div 8$ кВт), т.к. в приводах малой мощности применение объемного регулирования не экономично из-за высокой стоимости регулируемых машин. В качестве регулируемых насосов чаще всего используется регулируемые роторно-поршневые и пластинчатые насосы. В мобильных машинах схема объемного регулирования может быть использована с применением нерегулируемых насосов, частота вра-

щения которых регулируется дизелем. Применяются также регулируемые электродвигатели (РЭД) для этой цели.

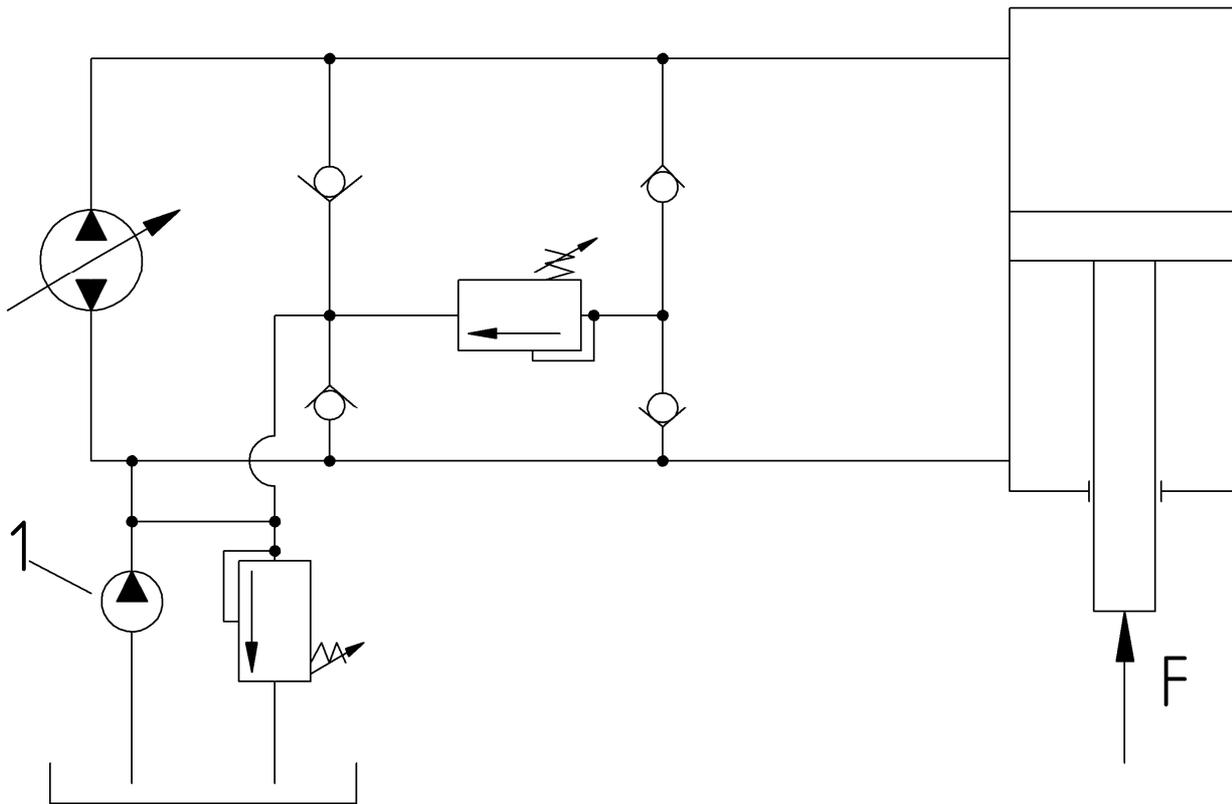


Рисунок 2.13 – Гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром

В схеме на рис. 2.13 вспомогательный насос 1 (небольшой мощности) служит для подпитки системы (компенсирует утечки жидкости). Рассмотрим методику расчета и построения характеристик для рис. 2.13.

Уравнение расходов для схемы на рис. 2.13 имеет следующий вид:

$$Q_H = Q_\Gamma + \Delta Q_i, \quad (2.17)$$

где Q_H – подача насоса, м³/с;
 Q_Γ – расход гидроцилиндра, м³/с;
 ΔQ_i – утечки рабочей жидкости, м³/с.

С учетом (2.1) и (2.3) соотношение (2.17) можно записать как

$$V_H^{vol} \cdot n_H = V_n \cdot S_n + \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \cdot P_\Gamma, \quad (2.18)$$

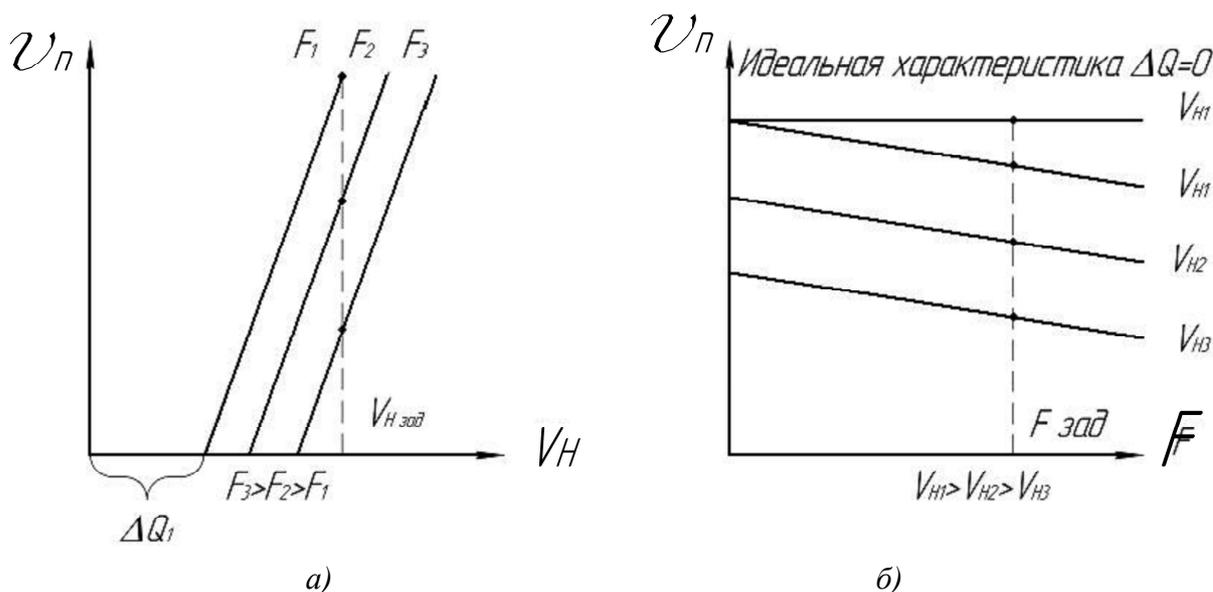
где P_Γ – давление, подводимое к гидроцилиндру, Па;
 V_H^{vol} – рабочий объем насоса, м³/об;
 n_H – частота вращения ротора насоса, об/с;
 V_n – скорость поршня, м/с;
 S_n – площадь поршня, м²;

(ΣK_i) – суммарные коэффициенты утечек всех гидроаппаратов, входящих в систему, $\text{м}^4 \cdot \text{с} / \text{кг}$;

Решая уравнение (2.18) относительно скорости поршня V_n , получаем искомое алгебраическое соотношение для скорости поршня V_n :

$$V_n = \frac{V_H^{vol} \cdot n_H}{S_n} - \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \cdot \frac{F}{S_n^2 \cdot \eta_{mech}^{cyl}} \quad (2.19)$$

Уравнение (2.19) определяет вид регулировочных $V_n = V_n(V_H^{vol})$ (рис. 2.14.а) и нагрузочных $V_n = V_n(F)$ (рис. 2.14.б) характеристик гидропривода с регулируемым насосом и гидроцилиндром на рис. 2.14.



а – регулировочные; б – нагрузочные
 Рисунок 2.14 – Характеристики гидропривода с регулируемым насосом и гидроцилиндром

Для случая регулировки дизелем или регулируемым электродвигателем (РЭД) регулировочная характеристика гидропривода с регулируемым насосом и гидроцилиндром имеет вид, представленный на рис. 2.15. В данном случае семейство регулировочных характеристик представляет собой множество наклонных отрезков, смещенных от начала координат и построенных в координатах частота вращения насоса n_H – скорость движения поршня V_n (рис. 2.15).

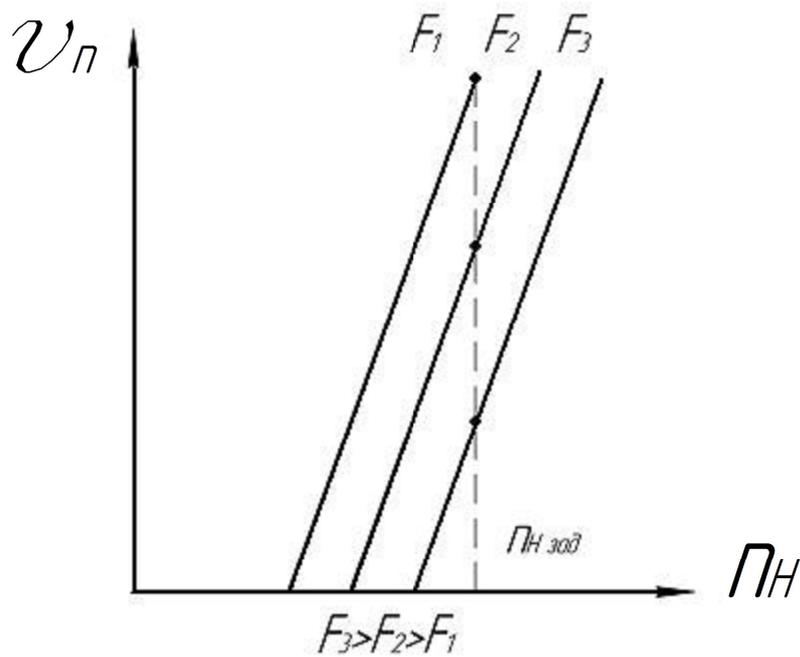


Рисунок 2.15 – Регулировочная характеристика гидропривода с применением регулируемого электродвигателя и гидроцилиндра

2.3.2 Гидропривод с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором

Принципиальная схема гидропривода с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором представлена на рис. 2.16. Подача насоса (Q_H) при закрытом предохранительном клапане расходуется гидромотором ($Q_{ГМ}$), но при этом часть жидкости уходит в утечки (ΔQ_i). Т. о. уравнение расходов для схемы на рис. 2.16 имеет следующий вид:

$$Q_H = Q_{ГМ} + \Delta Q_i, \quad (2.20)$$

где Q_H – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $Q_{ГМ}$ – расход гидромотора, $\text{м}^3/\text{с}$;
 ΔQ_i – утечки рабочей жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$.

Выражаем подачу насоса Q_H и расход гидромотора $Q_{ГМ}$ в соотношении (2.20) через параметры этих гидромашин, т.е. соответственно через их рабочие объемы V_H^{vol} и $V_{ГМ}^{vol}$ и частоты вращения их роторов – n_H и $n_{ГМ}$. Утечки ΔQ_i в (2.20) выражаем через суммарный коэффициент утечек ($\sum K_i$) и давление P_H в напорной гидролинии:

$$V_H^{vol} \cdot n_H = V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} + \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \cdot P_H, \quad (2.21)$$

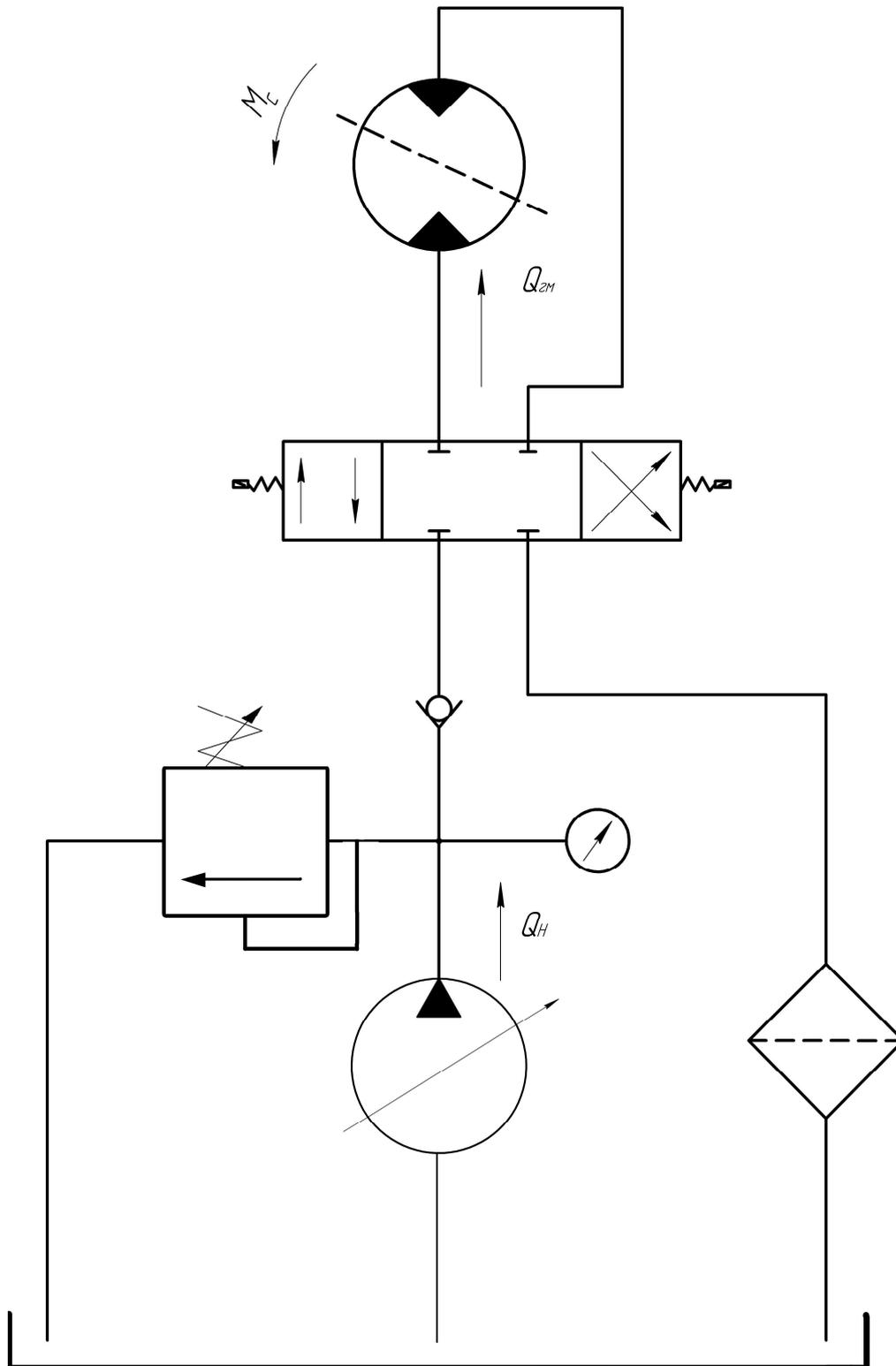


Рисунок 2.16 – Гидропривод с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором

Если не учитывать потерь давления, то давление жидкости в напорной гидролинии можно оценить как

$$P_H = \frac{2\pi \cdot M_c}{V_{ГМ}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{ГМ}}, \quad (2.22)$$

где M_C – момент сопротивления на роторе гидромотора, Н·м;

$V_{ГМ}^{vol}$ – рабочий объем гидромотора, м³/об;

$\eta_{mech}^{ГМ}$ – механический К.П.Д. гидромотора.

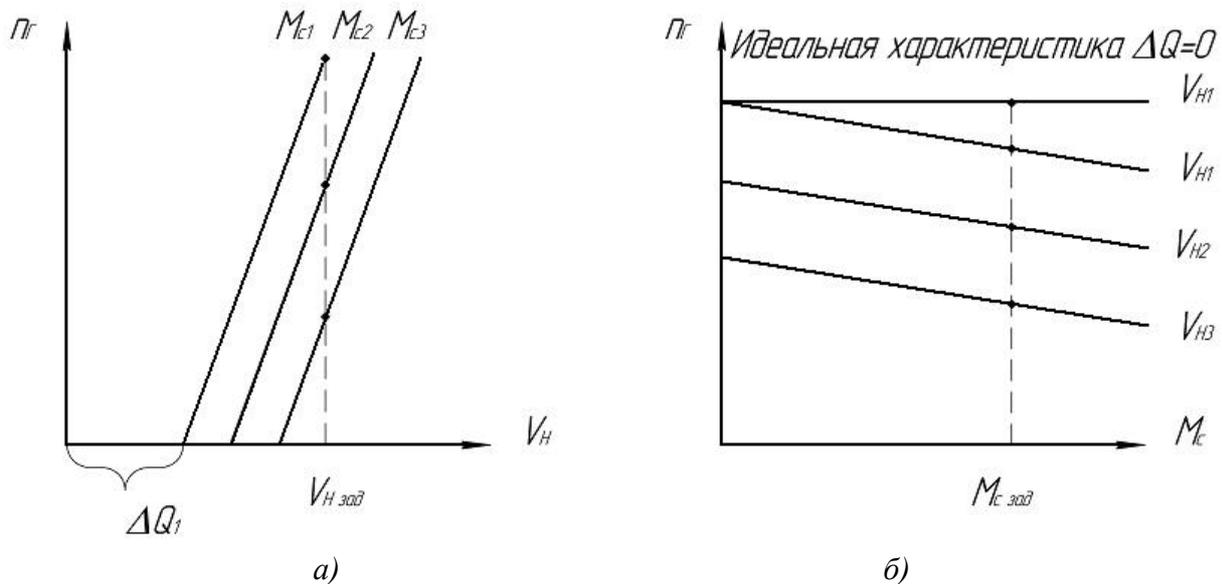
С учетом (2.22) уравнение расходов (2.21) можно записать как

$$V_H^{vol} \cdot n_H = V_{ГМ}^{vol} \cdot n_{ГМ} + \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \cdot \frac{2\pi \cdot M_C}{V_{ГМ}^{vol} \cdot \eta_{mech}^{ГМ}} \quad (2.23)$$

Решая (2.23) относительно частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$, получаем искомое алгебраическое соотношение для $n_{ГМ}$:

$$n_{ГМ} = \frac{V_H^{vol} \cdot n_H}{V_{ГМ}^{vol}} - \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) \cdot \frac{2\pi \cdot M_C}{(V_{ГМ}^{vol})^2 \cdot \eta_{mech}^{ГМ}} \quad (2.24)$$

По полученной формуле (2.24) на рис. 2.17 строим графики зависимостей $n_{ГМ} = f(V_H^{vol})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$.



a – регулировочные ($M_{C3} > M_{C2} > M_{C1}$); *б* – нагрузочные ($V_{H1}^{vol} > V_{H2}^{vol} > V_{H3}^{vol}$)

Рисунок 2.17 – Характеристики гидропривода с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором

Для случая нерегулируемого насоса и регулируемого электродвигателя (РЭД) регулировочная характеристика $n_{ГМ} = f(n_H)$ показана на рис. 2.18.

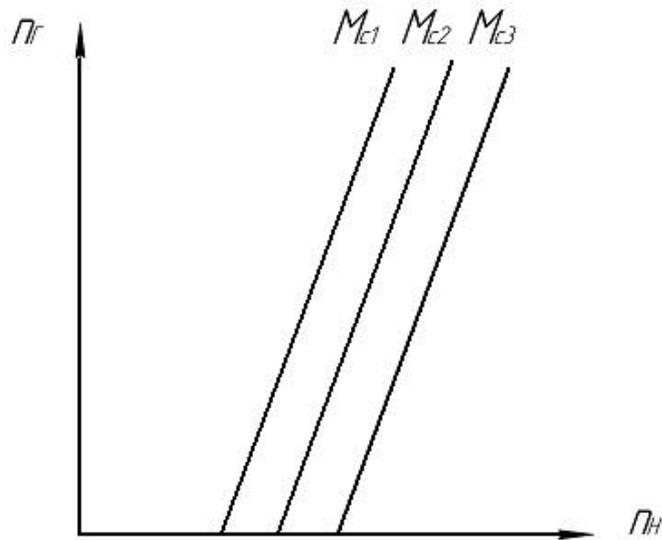


Рисунок 2.18 – Регулировочная характеристика гидропривода с применением регулируемого электродвигателя и гидромотора

Т.о. можно сделать вывод, что схемы с регулируемым насосом применяют при мощности привода больше 5...8 кВт. Они обеспечивают сравнительно небольшой диапазон регулирования ($n_{\max}/n_{\min}=5..20$ или $V_{\max}/V_{\min}=5..20$). Для увеличения диапазона регулирования применяют комбинированное регулирование с использованием дросселя. Регулирование дросселем ведут при небольших значениях рабочего объема насоса (V_H^{vol}), т.к. в этом диапазоне регулирование является неустойчивым.

При необходимости увеличения диапазона регулирования скорости можно применить схему с двумя регулируемыми машинами.

2.3.3 Гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором

Принципиальная схема гидропривода с регулируемым насосом и регулируемым гидромотором представлена на рис. 2.19.

Вывод зависимостей $n_{ГМ}=f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$ и $n_{ГМ}=f(M_C)$ с учетом утечек вполне аналогичен выводу соотношений (2.20)-(2.24) в предыдущем разделе 2.3.2. Повторяя все вышеприведенные рассуждения мы снова приходим к соотношению (2.24), которое без учета утечек имеет вид

$$n_{ГМ} = \frac{V_H^{vol} \cdot n_H}{V_{ГМ}^{vol}} \quad (2.25)$$

В данном случае (рис. 2.19 – рис. 2.20) отличие с предыдущим разделом 2.3.2 состоит только в том, что мы строим регулировочную характеристику данного привода (рис. 2.20), анализируя зависимость (2.25) попеременно: сначала $n_{ГМ}=f(V_H^{vol})$, а только затем $n_{ГМ}=f(V_{ГМ}^{vol})$ (рис. 2.20).

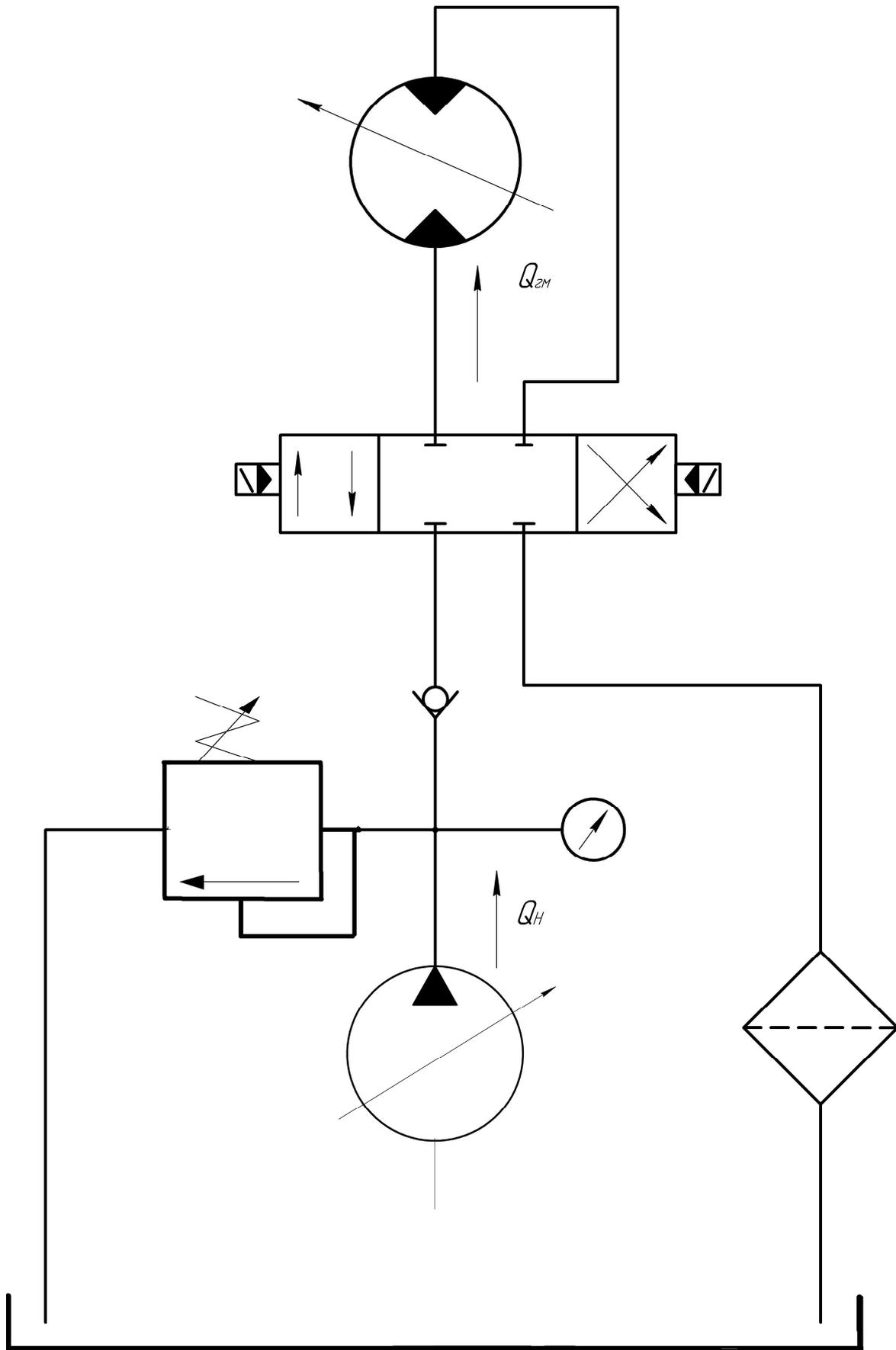


Рисунок 2.19 – Гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором

Это означает, что сначала мы регулируем обороты $n_{ГМ}$ гидромотора изменением рабочего объема V_H^{vol} насоса, а затем, когда ресурс регулировки насосом уже исчерпан, продолжаем регулирование изменением рабочего объема $V_{ГМ}^{vol}$ гидромотора. Без учета утечек регулировочная характеристика $n_{ГМ}=f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$ на рис. 2.20 имеет вид отрезка наклонной прямой линии (при регулировании насосом) и дуги гиперболы (при регулировании гидромотором).

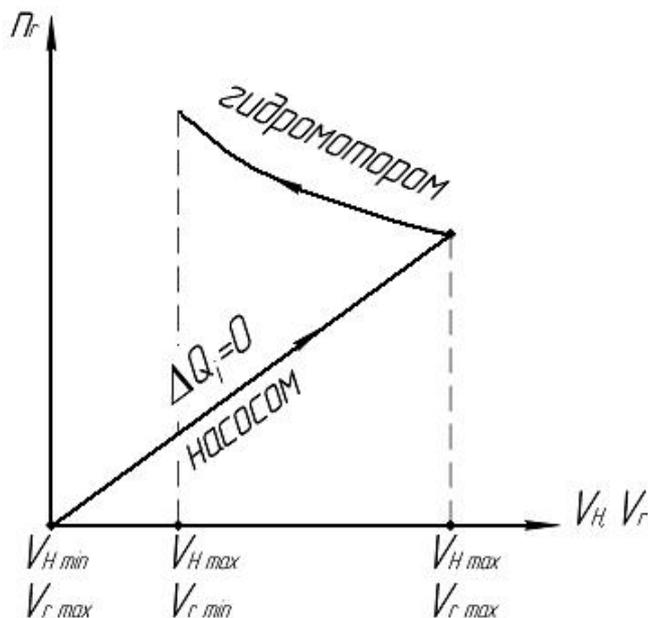


Рисунок 2.20 – Регулировочная характеристика гидропривода с регулируемым насосом и гидромотором при отсутствии утечек

Механическая характеристика $n_{ГМ}=f(M_C)$ имеет такой же вид, как в пункте 2.3.2. Т.о., как следует из рис. 2.20, схемы машинного регулирования с двумя регулируемым машинами на рис. 2.19 обеспечивают максимально возможный диапазон регулирования скорости.

2.3.4 Гидропривод с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором

Принципиальная схема гидропривода с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором представлена на рис. 2.21.

Вывод зависимостей $n_{ГМ}=f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$ и $n_{ГМ}=f(M_C)$ с учетом утечек полностью аналогичен выводу соотношений (2.20)-(2.25) в предыдущих разделах 2.3.2 и 2.3.3. Для построения регулировочных характеристик на рис. 2.22 на основании полученных формул (2.24) и (2.25) необходимо построить зависимость $n_{ГМ}=f(V_{ГМ}^{vol})$. Если не учитывать объемные утечки, то (2.24) переходит в (2.25).

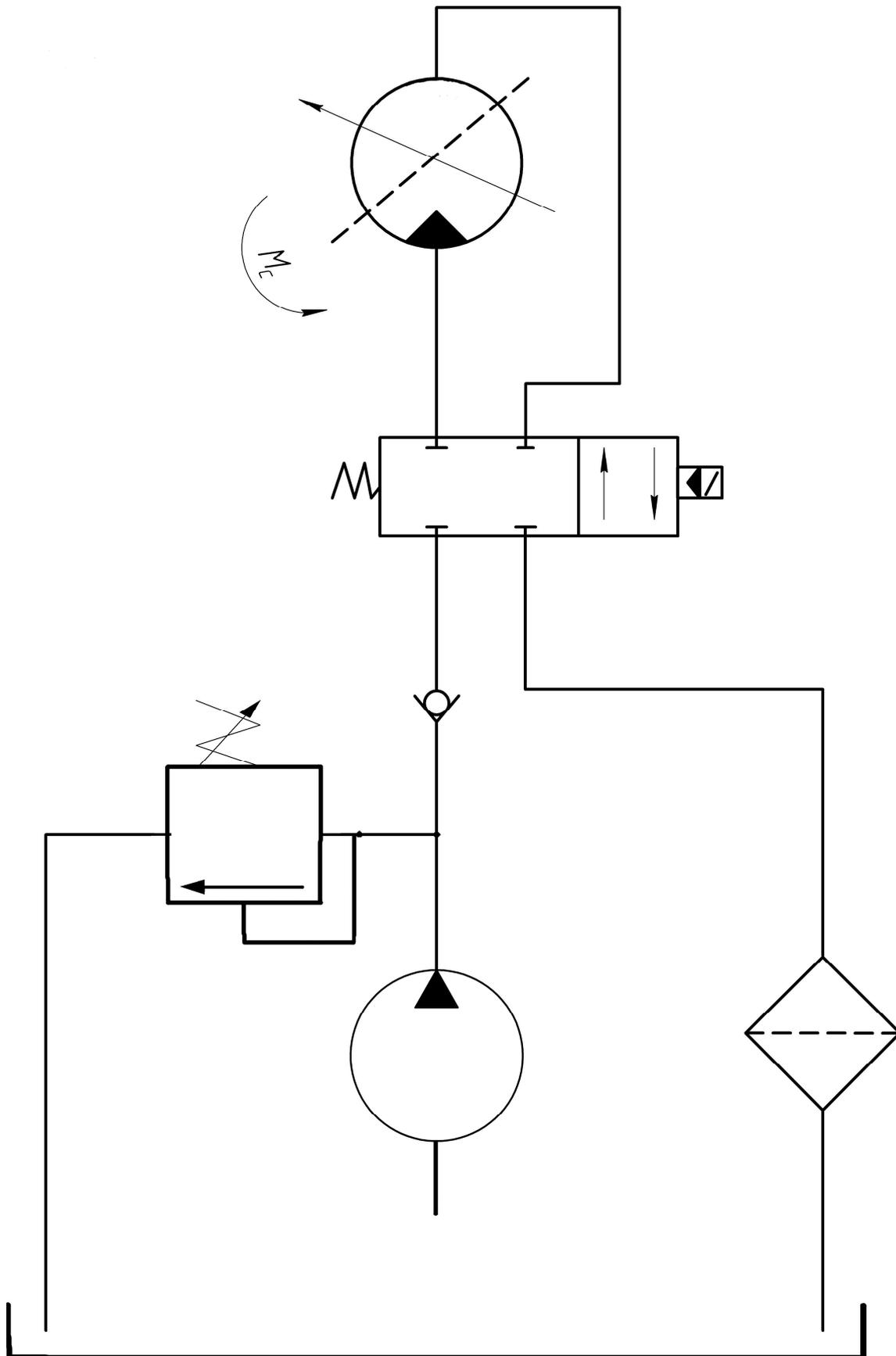


Рисунок 2.21 – Гидропривод с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором

Из (2.25) следует, что при уменьшении рабочего объема гидромотора до нуля ($V_{ГМ}^{vol} \rightarrow 0$) его частота вращения будет стремиться к бесконечности ($n_{ГМ} \rightarrow \infty$), то есть реверс необходимо будет осуществлять при максимальном числе оборотов ($n_{ГМ})_{max}$ гидромотора, что трудно осуществимо, т.к. приведет к поломке машины. Регулировочная характеристика такого привода показана на рис. 2.22.

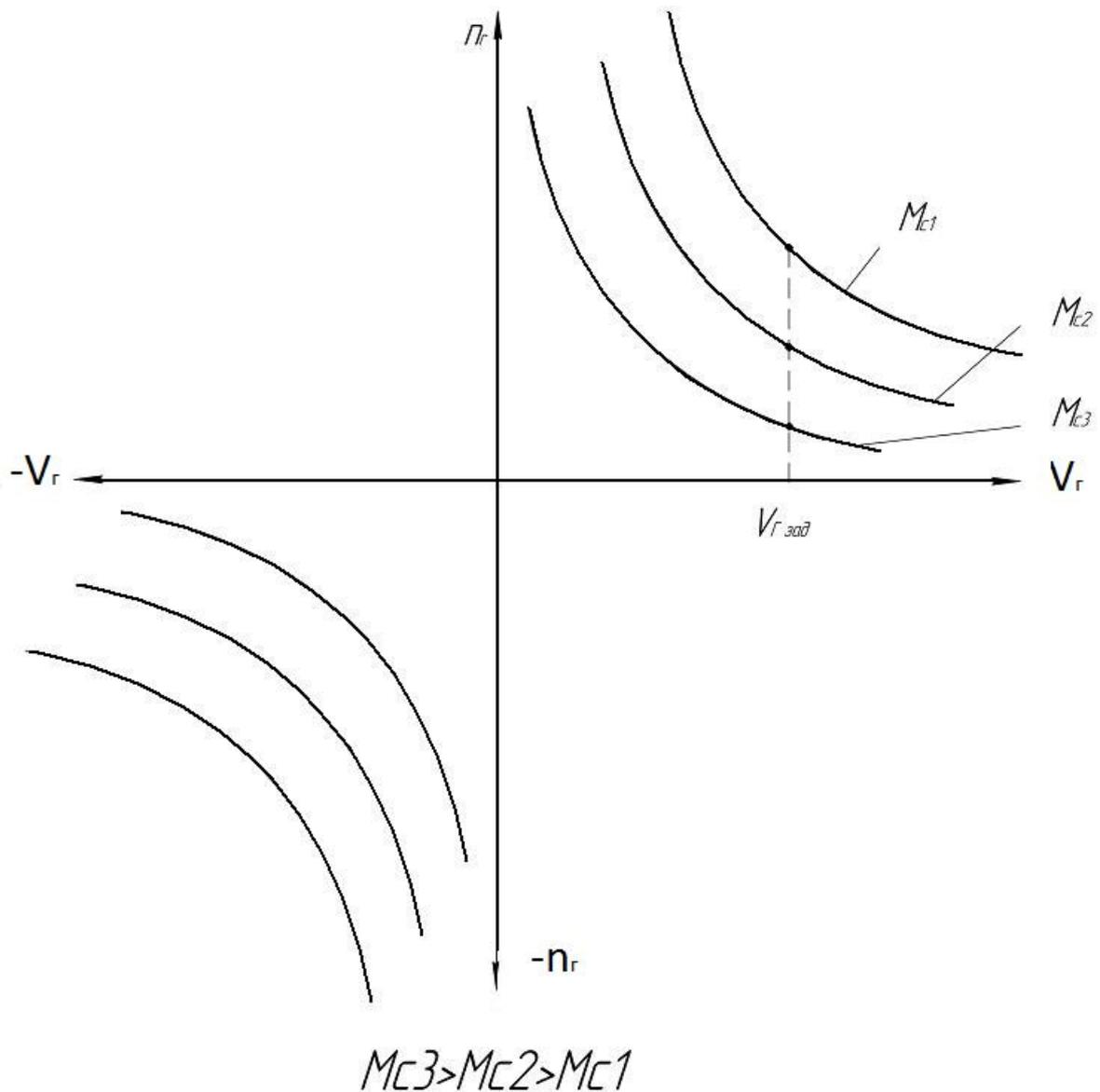


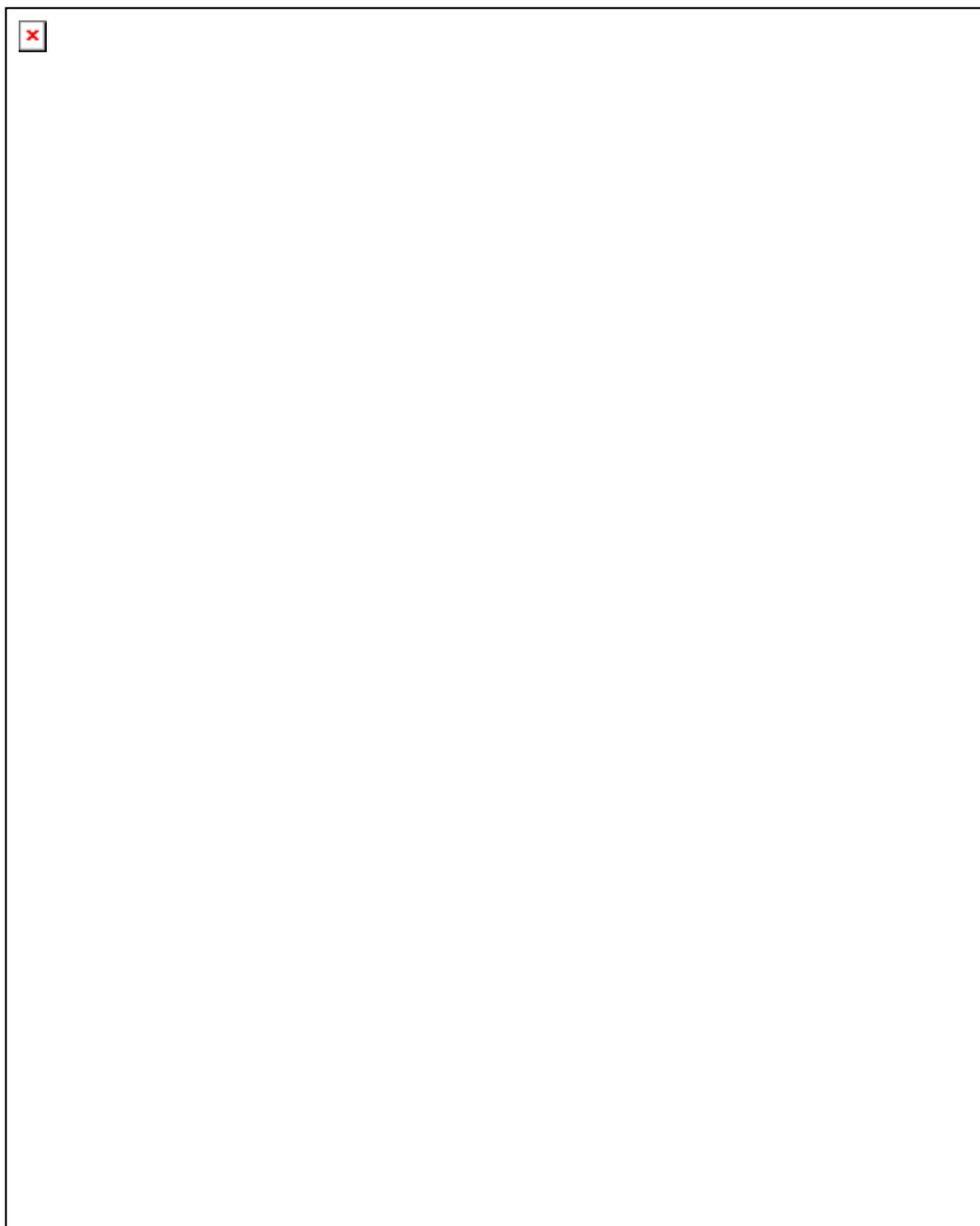
Рисунок 2.22 – Регулировочная характеристика гидропривода с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором

Как следует из рис. 2.21 и рис. 2.22, гидросхема объемного привода с регулируемым гидромотором и нерегулируемым насосом не приспособлена для работы с реверсом, поэтому применяется редко.

3 ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО АНАЛИЗУ ГИДРОСХЕМ С ДРОССЕЛЬНЫМ И ОБЪЕМНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

3.1 Пример выполнения анализа принципа работы гидропривода по представленной гидросхеме

Проанализируем работу схемы гидропривода на рис. 3.1.



*Рисунок 3.1 – Принципиальная схема гидропривода
с дроссельным регулированием*

Гидропривод на рис. 3.1 состоит из нерегулируемого насоса 1, гидроцилиндра 2, поршень которого 3 через шток 4 связан с исполнительным органом 5; трехпозиционного гидрораспределителя 6 с открытым центром, управляемого электромагнитами ЭМ1 и ЭМ2; клапана предохранительного 7; гидроклапана давления 8; двухпозиционного распределителя 9, управляемого электромагнитом ЭМ3; дросселя 10; клапана обратного 11; манометра 12 для настройки и контроля давления, фильтра для очистки масла 13 и бака для хранения жидкости 14.

В исходном положении (ИП) электромагниты отключены и насос 1 через распределитель 6 и фильтр 13 разгружается в бак 14.

Для осуществления быстрого подвода (БП) включается электромагнит ЭМ1 и вся жидкость от насоса 1 через распределитель 6 качается в левую поршневую полость цилиндра 2, а из его правой штоковой полости жидкость вытесняется через гидроклапан 8, распределитель 6 и фильтр 13 в бак 14.

Для перехода на рабочую подачу (РП) дополнительно подключается электромагнит ЭМ3 распределителя 9 и теперь часть жидкости от насоса 1 сбрасывается через дроссель 10, вызывая уменьшение скорости рабочей подачи.

Для реверса (Рв) и быстрого отвода (БО) отключаются электромагниты ЭМ1 и ЭМ3 и включается электромагнит ЭМ2 распределителя 6. В результате этого вся жидкость от насоса 1 через распределитель 6 и клапан обратный 11 нагнетается в правую штоковую полость гидроцилиндра 2, а из его левой поршневой полости жидкость вытесняется через распределитель 6 и фильтр 13 в бак 14. Для остановки поршня в конце реверса (Рв) электромагнит ЭМ2 отключается и насос разгружается через распределитель 6 с открытым центром в бак 14.

3.2 Общие рекомендации к выполнению контрольных заданий

Варианты из нижеприведенных контрольных заданий студент-заочник находит по своему порядковому номеру в журнале группы.

Порядок выполнения работы:

1. Контрольное задание должно быть выполнено самостоятельно после изучения соответствующих тем.

2. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради или скрепленных листах формата А4. Все страницы должны быть пронумерованы. На первой странице указывается: название дисциплины, фамилия, имя, отчество студента, группа и учебный шифр, соответствующий номеру зачетной книжки.

3. Для каждой задачи должно быть записано условие с данными, соответствующими варианту, выполненный в некотором масштабе рисунок схемы, на котором должны быть обозначены все заданные величины. Решения должны сопровождаться краткими последовательными объяснениями.

4. Чертежи и схемы к задачам должны быть выполнены технически грамотно, с соблюдением условных графических обозначений на гидравлических схемах. Текстовая часть должна быть написана чётко, ясно и разборчиво. На каждой странице должны оставаться поля для замечаний рецензента.

3.3 Контрольная работа

Задание 1

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.2 (дроссель на входе гидроцилиндра).

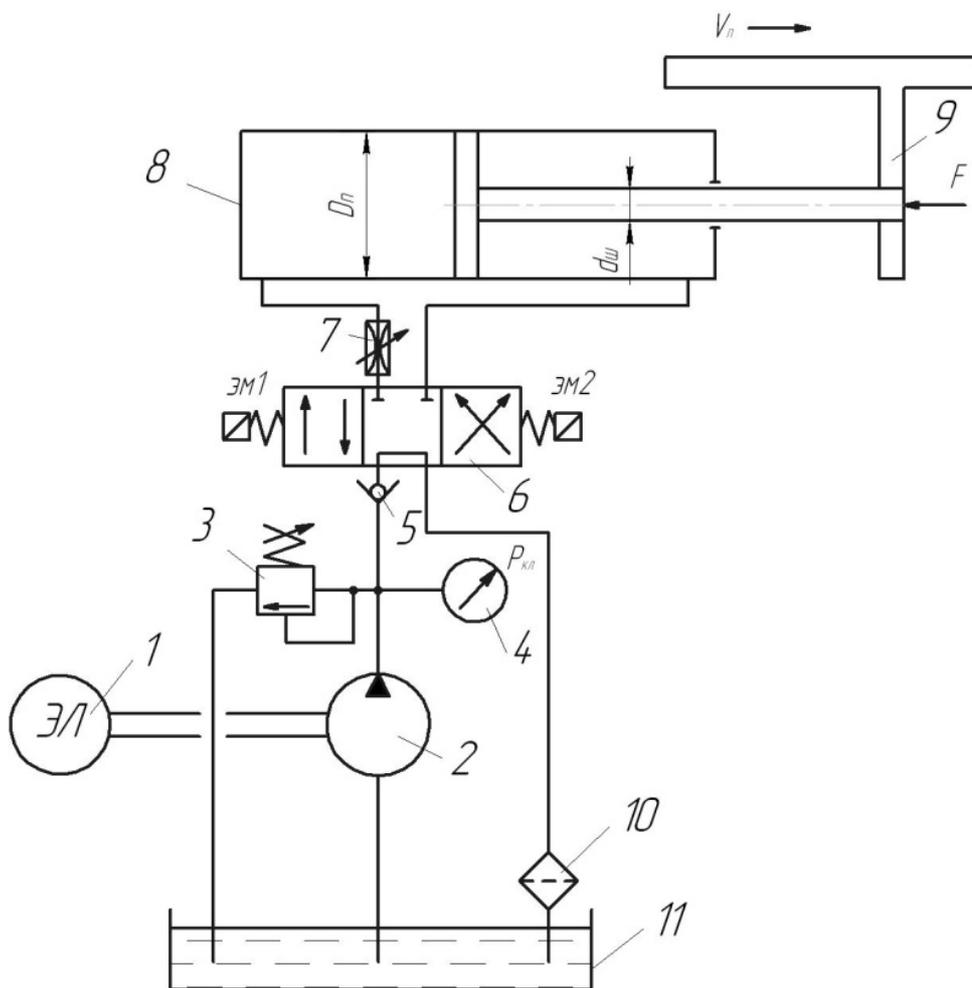


Рисунок 3.2 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 1

2. Определить зависимость скорости V_n движения поршня от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины меняющейся нагрузки F для гидропривода на рис. 3.2, если известны:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;

- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие на штоке поршня – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- гидрораспределитель – в левой рабочей позиции.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и механическую $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.2 и проанализировать их.

Задание 2

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.3 (дроссель подключен параллельно гидроцилиндру).

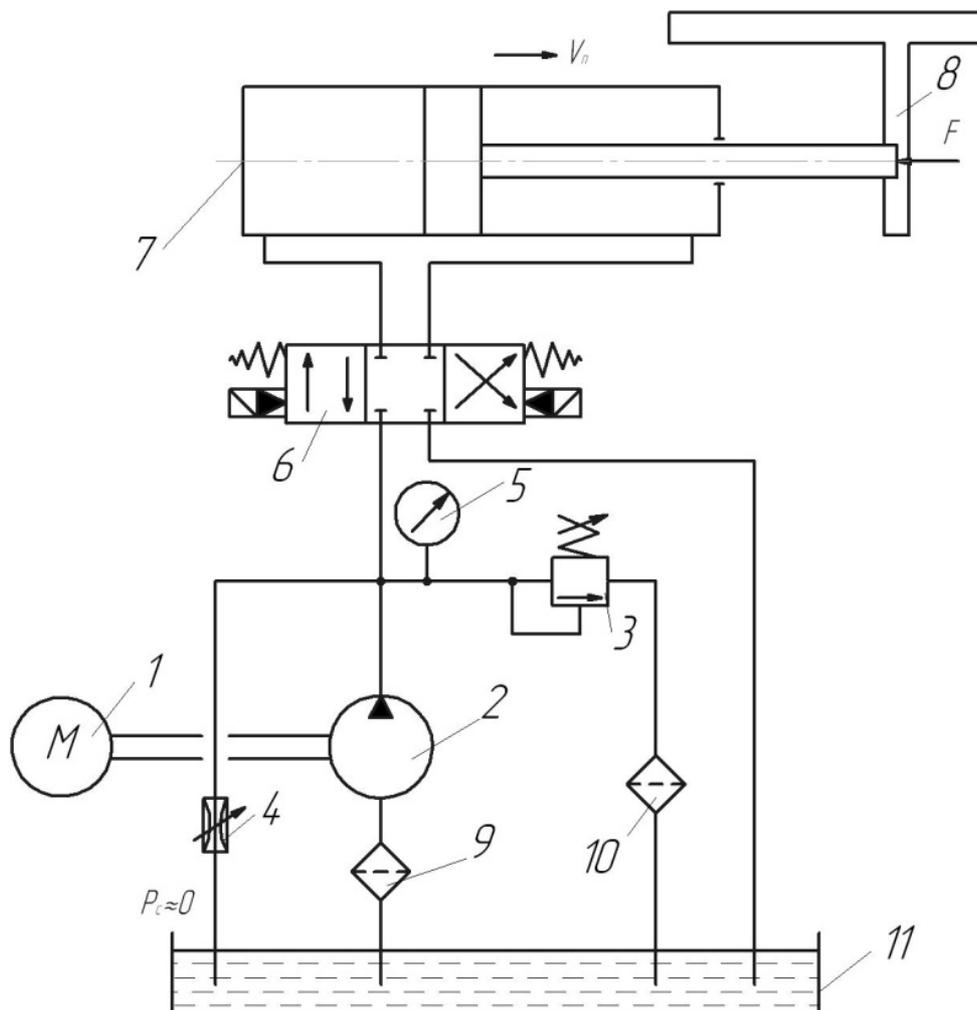


Рисунок 3.3 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 2

2. Выполнить анализ зависимости скорости V_n движения поршня рабочего цилиндра от площади открытия дросселя S_{gp} и от значения усилия

F , действующего на штоке поршня при установке гидрораспределителя в левую рабочую позицию на рис. 3.3.

Исходные данные для рис. 3.3:

- давление в сливной гидролинии – $P_C \approx 0$;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- диаметр поршня – D_n ;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- подача насоса – Q_H ;
- усилие в штоке – F ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

Предохранительный клапан считать закрытым.

3. Построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и нагрузочную $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.3. Проанализировать полученные зависимости.

Задание 3

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.4 (дроссель – на выходе гидродвигателя с неограниченным вращательным движением).

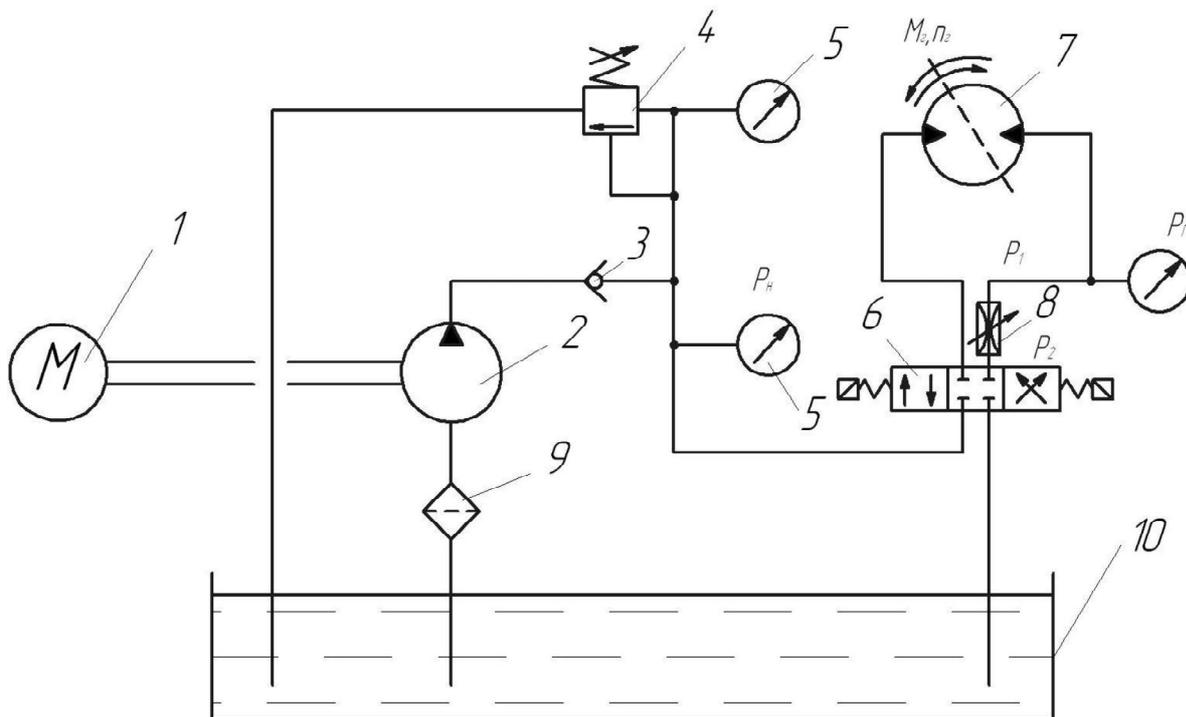


Рисунок 3.4 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 3

2. Найти зависимость частоты вращения шпинделя $n_{ГМ}$ от площади проходного сечения дросселя S_{gp} и от величины момента сопротивления

M_C на валу ротора гидромотора, золотник – в левой рабочей позиции (дроссель – на выходе гидромотора).

Исходные данные:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление в сливной гидролинии – $P_C \approx 0$;
- P_K – известно;
- момент сопротивления – M_C ;
- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

3. Проанализировать и прокомментировать полученную зависимость, а также качественно построить на ее основе технические характеристики данного гидропривода $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$.

Задание 4

1. Выполнить анализ работы гидропривода по гидросхеме на рис. 3.5 (гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром).

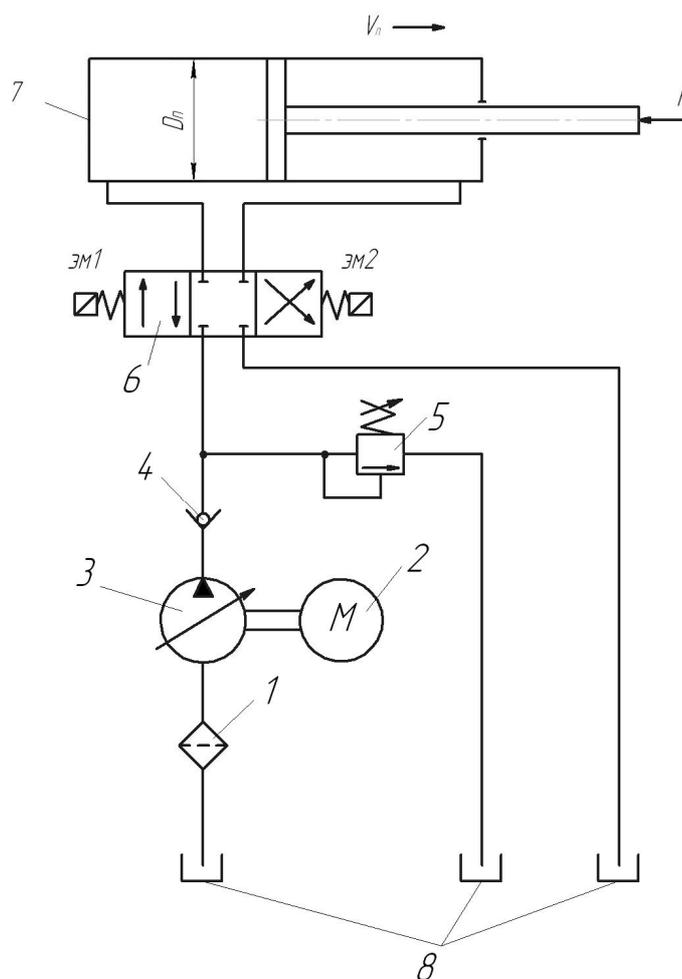


Рисунок 3.5 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 4

2. Определить зависимость скорости V_n движения поршня рабочего цилиндра от рабочего объема насоса V_H^{vol} , т.е. $V_n = f(V_H^{vol})$, а также зависимость скорости V_n поршня от нагрузки на поршень F , т.е. $V_n = f(F)$, если известны следующие параметры гидропривода на рис. 3.5:

- рабочий объем V_H^{vol} насоса и частота n_H вращения его ротора;
- диаметр поршня гидроцилиндра – D_n ;
- усилие, действующее на штоке поршня – F ;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- механический КПД гидроцилиндра – η_{mech}^{cyl} ;

3. Построить технические характеристики $V_n = f(V_H^{vol})$ и $V_n = f(F)$ данного гидропривода на рис. 3.5 и проанализировать их.

Задание 5

1. Выполнить анализ работы гидропривода силовой головки агрегатного станка по представленной гидросхеме на рис. 3.6 (дроссель – на входе гидроцилиндра), где $P_K \approx P_H$.

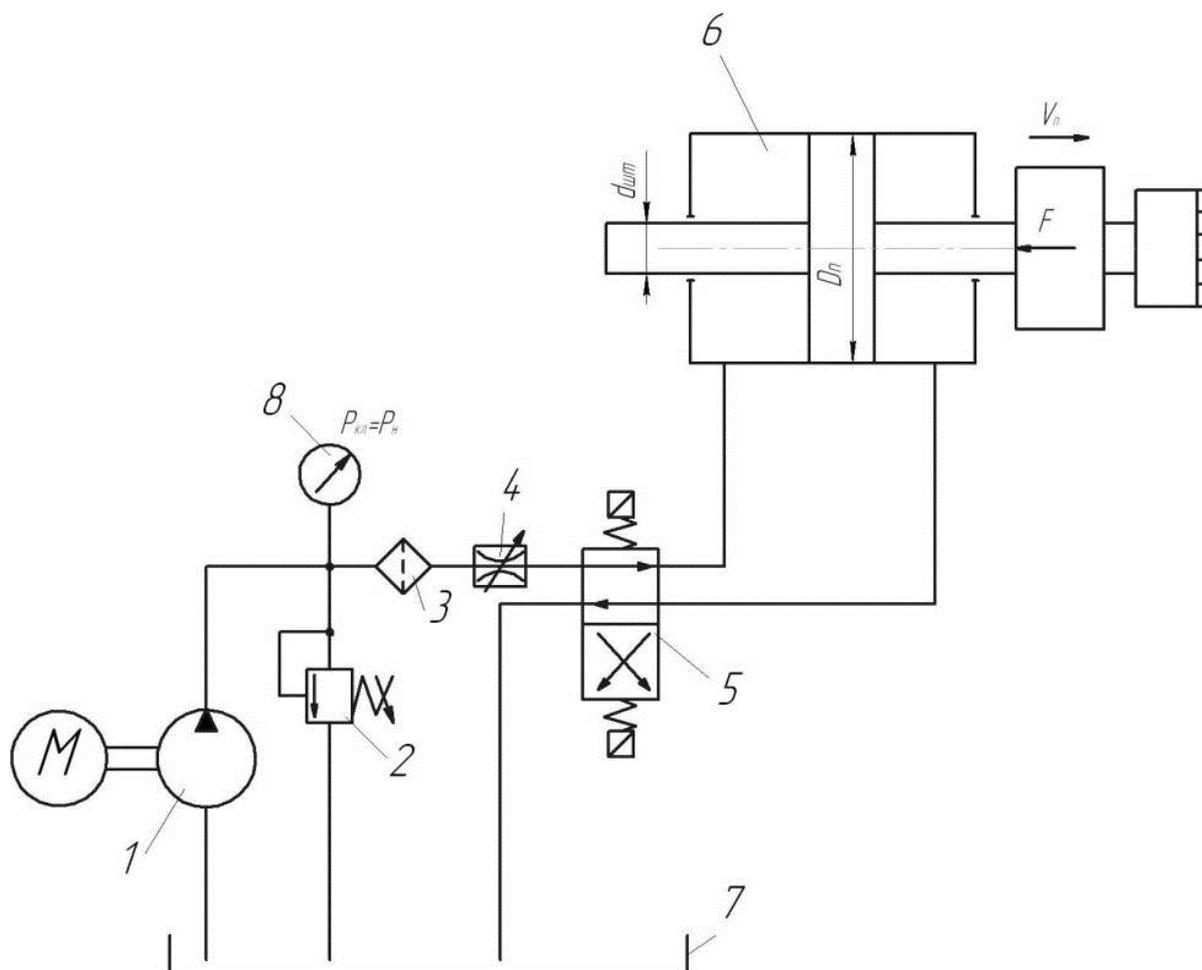


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 5

2. Определить зависимость скорости V_n движения силовой головки от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины усилия сопротивления движению F для гидропривода на рис. 3.6, если известны:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие сопротивления движению – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- гидрораспределитель – в левой рабочей позиции.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и механическую $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.6 и проанализировать их.

Задание 6

1. Выполнить анализ работы гидропривода перемещения силовой головки агрегатного станка по представленной гидросхеме на рис. 3.7 (дроссель установлен параллельно гидроцилиндру), где $P_C \approx 0$.

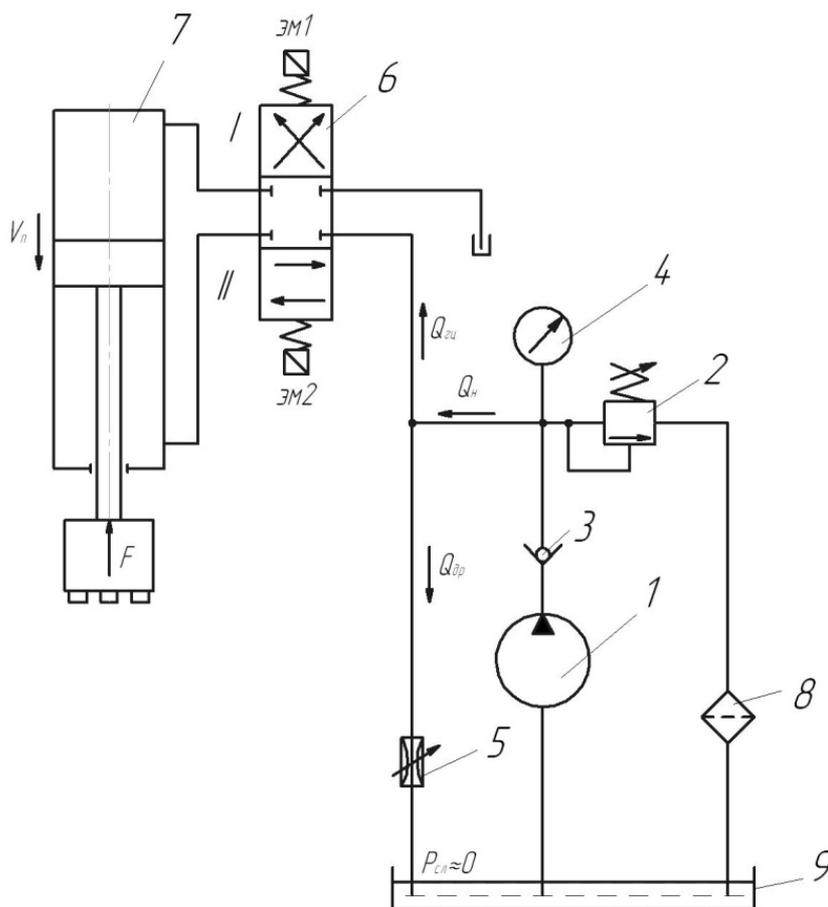


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 6

2. Выполнить анализ зависимости скорости V_n движения поршня рабочего цилиндра от площади открытия дросселя S_{gp} и от значения усилия F , действующего на штоке поршня при установке золотника гидрораспределителя в позицию II на рис. 3.7.

Исходные данные для рис. 3.7:

- давление в сливной гидролинии – $P_C \approx 0$;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- диаметр поршня – D_n ;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- подача насоса – Q_H ;
- усилие в штоке – F ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

Предохранительный клапан считать закрытым.

3. Построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и нагрузочную $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.7. Проанализировать полученные зависимости.

Задание 7

1. Выполнить анализ работы гидропривода перемещения стола фрезерного станка по представленной гидросхеме на рис. 3.8 (дроссель установлен на входе гидроцилиндра), где $P_K \approx P_H \approx P_1$.

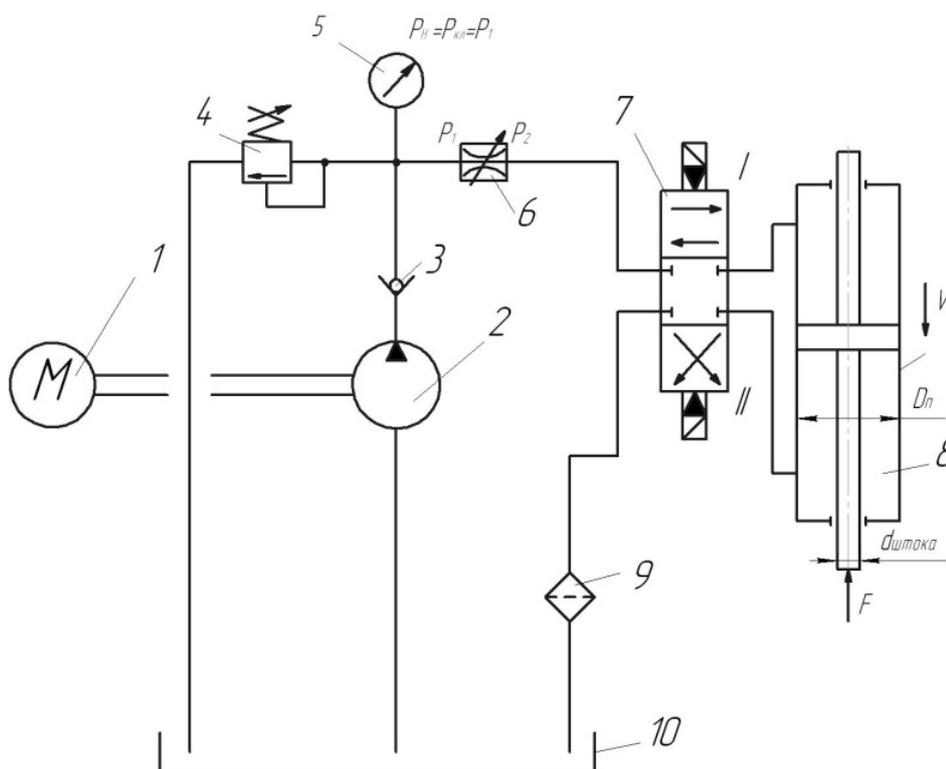


Рисунок 3.8 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 7

2. Определить зависимость скорости V_n движения силовой головки от площади проходного сечения регулируемого дросселя S_{gp} и от величины усилия сопротивления движению F для гидропривода на рис. 3.8, если известны также:

- площадь сечения дроссельного отверстия – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие сопротивления движению – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

Считать, что гидрораспределитель находится в I рабочей позиции.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и механическую $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.8 и проанализировать их.

Задание 8

1. Выполнить анализ работы гидропривода сверлильного станка по представленной гидросхеме на рис. 3.9 (дроссель подключен параллельно гидромотору), где $P_2=P_C \approx 0$.

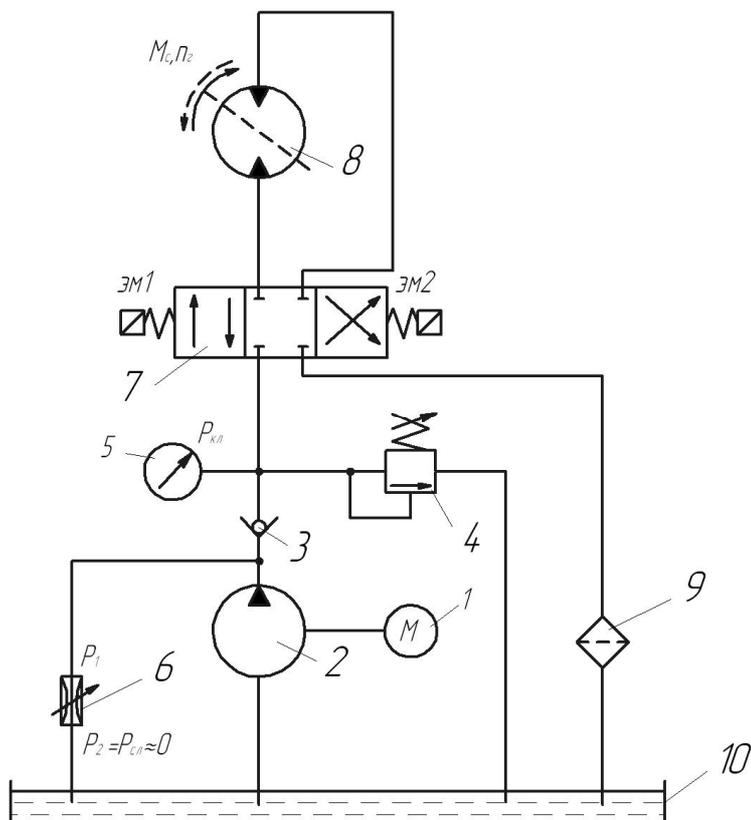


Рисунок 3.9 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 8

2. Проанализировать зависимость частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от различных площадей открытия дросселя S_{gp} и от меняющейся величины момента сопротивления M_C на его валу. Предохранительный клапан считать закрытым.

Исходные данные:

- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- момент сопротивления на валу ротора – M_C ;
- подача насоса – Q_H ;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление слива – $P_C \approx 0$;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

3. На основе полученной зависимости построить технические характеристики гидропривода $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$ и проанализировать полученные зависимости.

Задание 9

1. Выполнить анализ работы гидропривода продольной подачи стола строгального станка по представленной гидросхеме на рис. 3.10 (дроссель установлен на входе гидроцилиндра), где $P_K = P_1$.

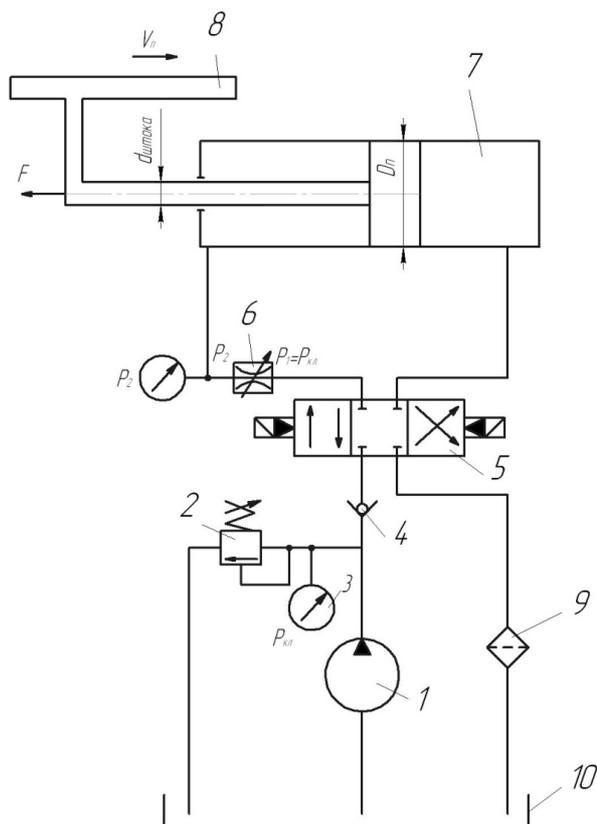


Рисунок 3.10 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 9

2. Определить зависимость скорости V_n перемещения поршня рабочего цилиндра от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины усилия сопротивления движению F для гидропривода на рис. 3.10, если известны:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие сопротивления движению – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- золотник – в левой рабочей позиции.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и механическую $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.10 и проанализировать их.

Задание 10

1. Выполнить анализ работы объемного гидропривода вращательного действия по представленной гидросхеме на рис. 3.11 (гидропривод с регулируемым насосом и мотором).

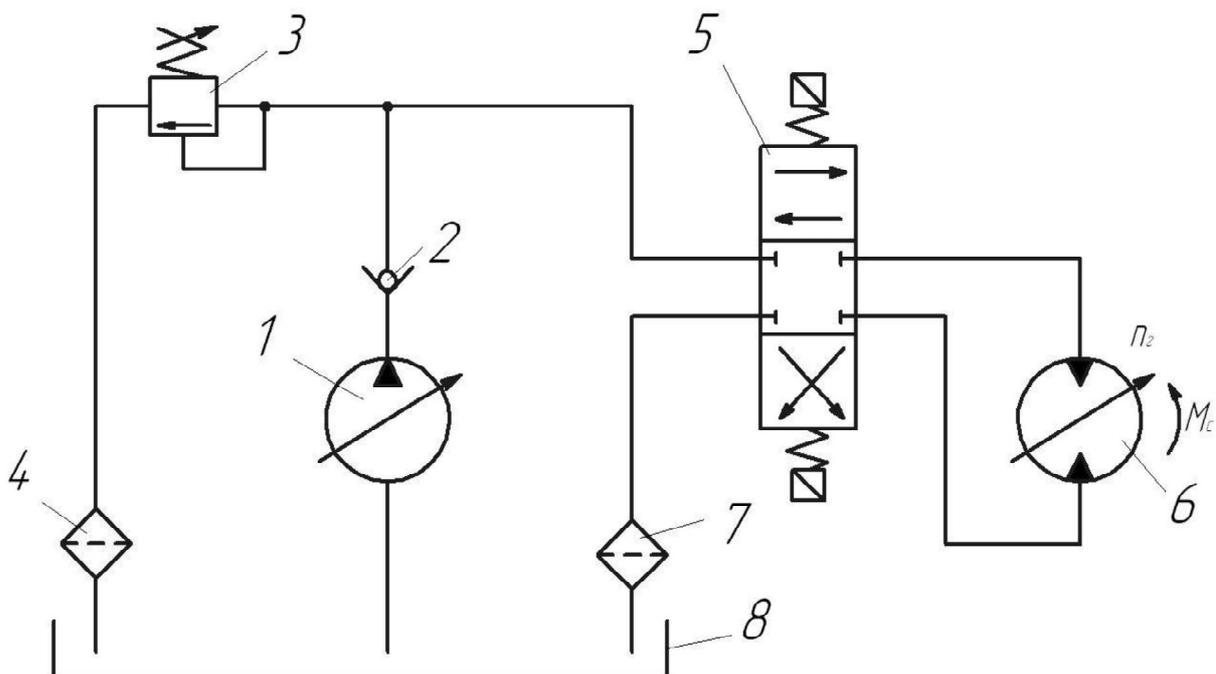


Рисунок 3.11 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 10

2. Определить зависимость частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$, от рабочего объема насоса V_H^{vol} и его собственного рабочего объема $V_{ГМ}^{vol}$; n_H – известна, утечками пренебречь.

3. а) Проанализировать полученную зависимость и построить регулировочную характеристику $n_{\text{H}} = f(V_{\text{H}}^{\text{vol}}; V_{\text{ГМ}}^{\text{vol}})$ данного гидропривода.

б) При известных значениях момента сопротивления $M_{\text{С}}$ на гидромоторе и суммарного коэффициента утечек (ΣK_i) найти зависимость $n_{\text{ГМ}} = f(M_{\text{С}})$ и построить графики этой зависимости с учетом утечек и без их учета.

Задание 11

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.12 (гидропривод с регулируемым насосом и нерегулируемым гидромотором).

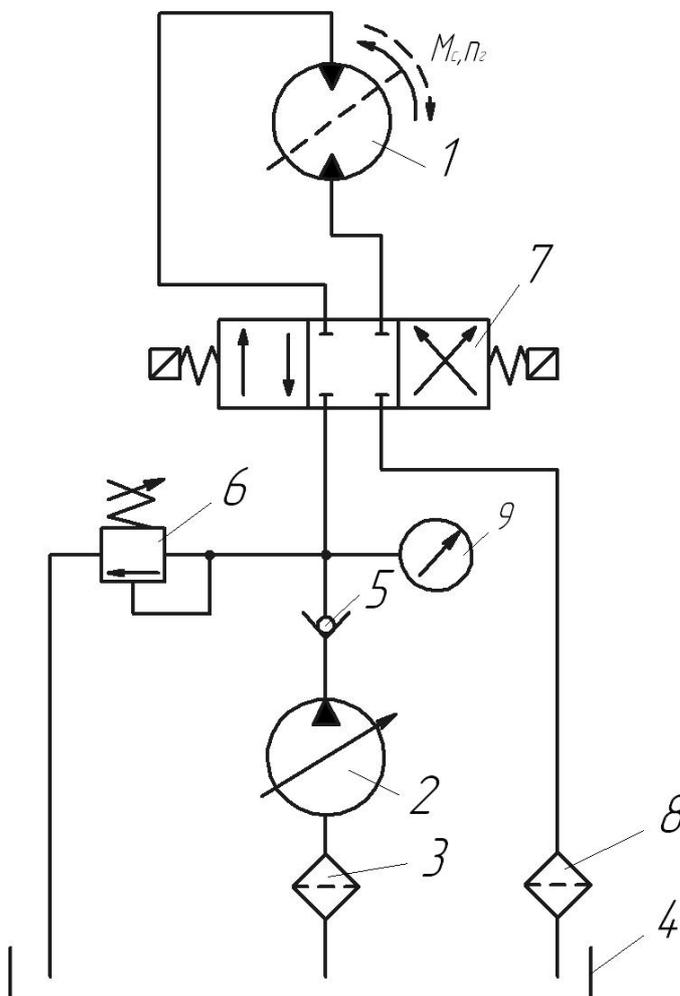


Рисунок 3.12 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 11

2. Проанализировать зависимости частоты вращения ротора гидромотора $n_{\text{ГМ}}$ от рабочего объема насоса $V_{\text{H}}^{\text{vol}}$ и от момента сопротивления на валу ротора гидромотора $M_{\text{С}}$, если известны также:

- частота вращения ротора насоса – n_{H} ;
- рабочий объем гидромотора – $V_{\text{ГМ}}^{\text{vol}}$;

- суммарный коэффициент утечек насоса и гидромотора – (ΣK_i) ;
- механический КПД гидромотора – $\eta_{\text{mech}}^{\text{ГМ}}$.

3. Построить технические характеристики данного гидропривода $n_{\text{ГМ}} = f(V_{\text{H}}^{\text{vol}})$ и $n_{\text{ГМ}} = f(M_{\text{C}})$ и проанализировать их.

Задание 12

1. Выполнить анализ работы гидропривода вращательного действия по представленной гидросхеме на рис. 3.13 (дроссель установлен на выходе гидромотора).

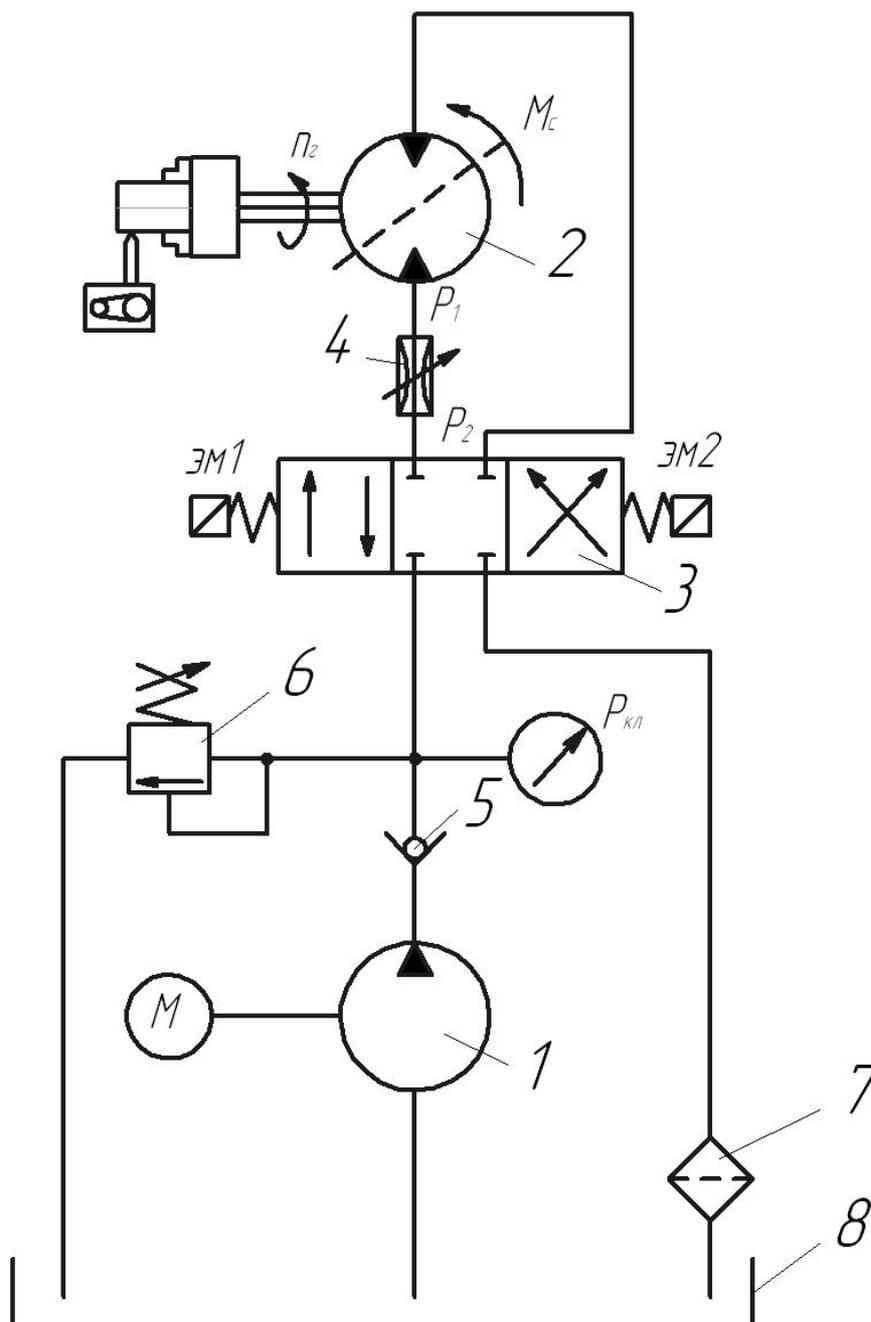


Рисунок 3.13 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 12

2. Проанализировать зависимость частоты $n_{ГМ}$ вращения ротора гидромотора от величины момента сопротивления M_C на его валу и от величины площади открытия дросселя S_{gp} для случая, когда включен электромагнит ЭМ2 гидрораспределителя (дроссель – на выходе гидромотора)

Исходные данные:

- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- момент сопротивления – M_C ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

3. Построить технические характеристики данного гидропривода $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$ и проанализировать их.

Задание 13

1. Выполнить анализ работы гидропривода перемещения рабочего органа толкателя, по представленной гидросхеме на рис. 3.14 (гидропривод, в котором частоту вращения ротора насоса регулируют с помощью электродвигателя (РЭД)), где $Q_H = V_H^{vol} \cdot n_H$, где $n_H = var$.

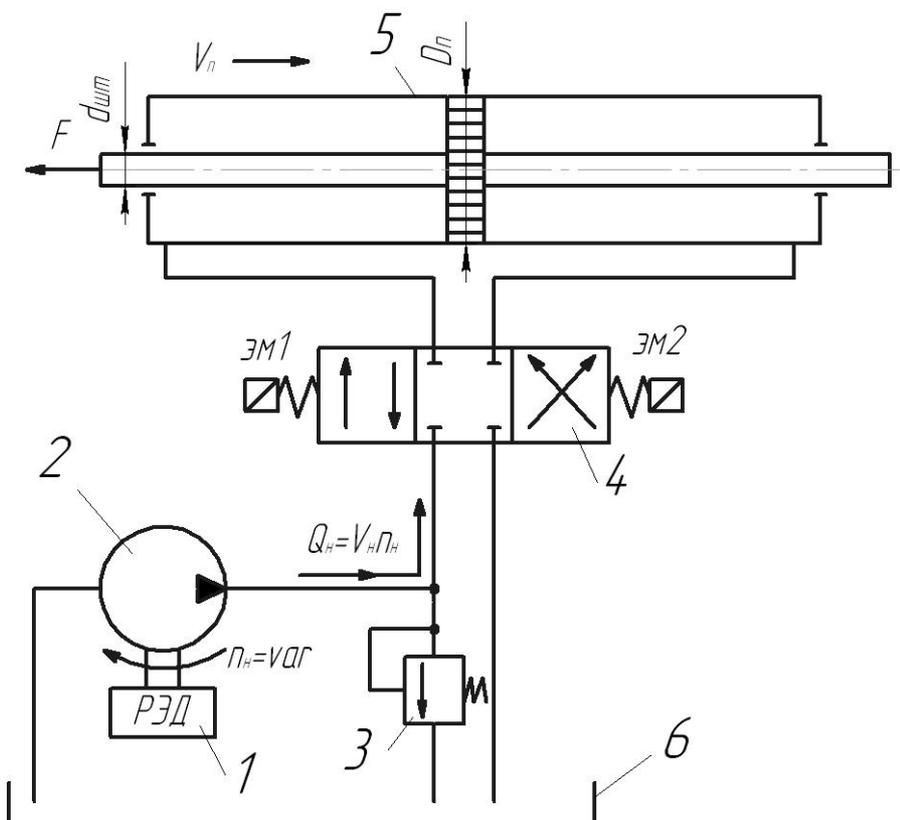


Рисунок 3.14 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 13

2. Найти зависимость скорости движения поршня V_n от частоты вращения n_H ротора насоса 2 с регулируемым электродвигателем 1 (РЭД) $V_n = f(n_H)$.

Исходные данные:

- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- рабочий объем насоса – V_H^{vol} .

Примечание:

- утечками в гидросистеме пренебречь;
 - предохранительный клапан закрыт.
3. а) проанализировать полученную зависимость.

б) при известных значениях усилия F на штоке поршня и суммарного коэффициента утечек (ΣK_i) построить график зависимости $V_n = f(F)$ без учета и с учетом утечек.

Задание 14

1. Выполнить анализ работы гидропривода перемещения платформы по представленной гидросхеме на рис. 3.15 (гидропривод с дросселем, установленным на входе гидроцилиндра).

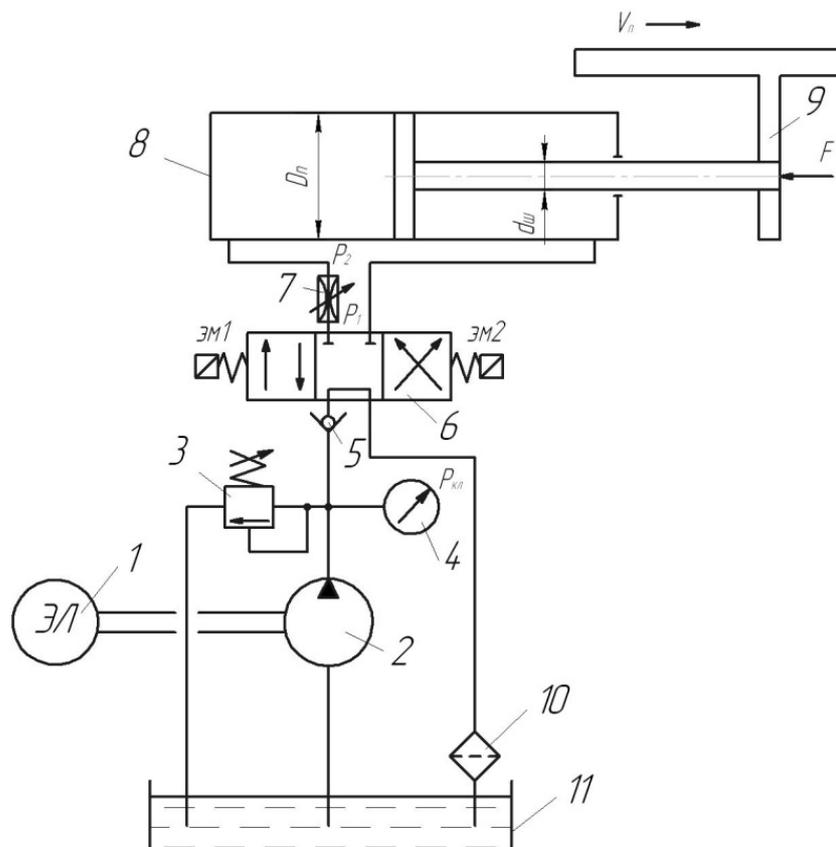


Рисунок 3.15 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 14

2. Определить зависимость скорости V_n движения поршня от площади открытия дросселя S_{gp} и от величины меняющейся нагрузки F для гидропривода на рис. 3.15, если известны также:

- площадь сечения дроссельного отверстия – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие сопротивления движению – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

В гидрораспределителе включена левая рабочая позиция (дроссель – на входе гидроцилиндра).

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n = f(S_{gp})$ и механическую $V_n = f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.15 и проанализировать их.

Задание 15

1. Выполнить анализ работы гидропривода по гидросхеме (рис. 3.16) (гидропривод с дросселем, установленным на входе гидромотора).

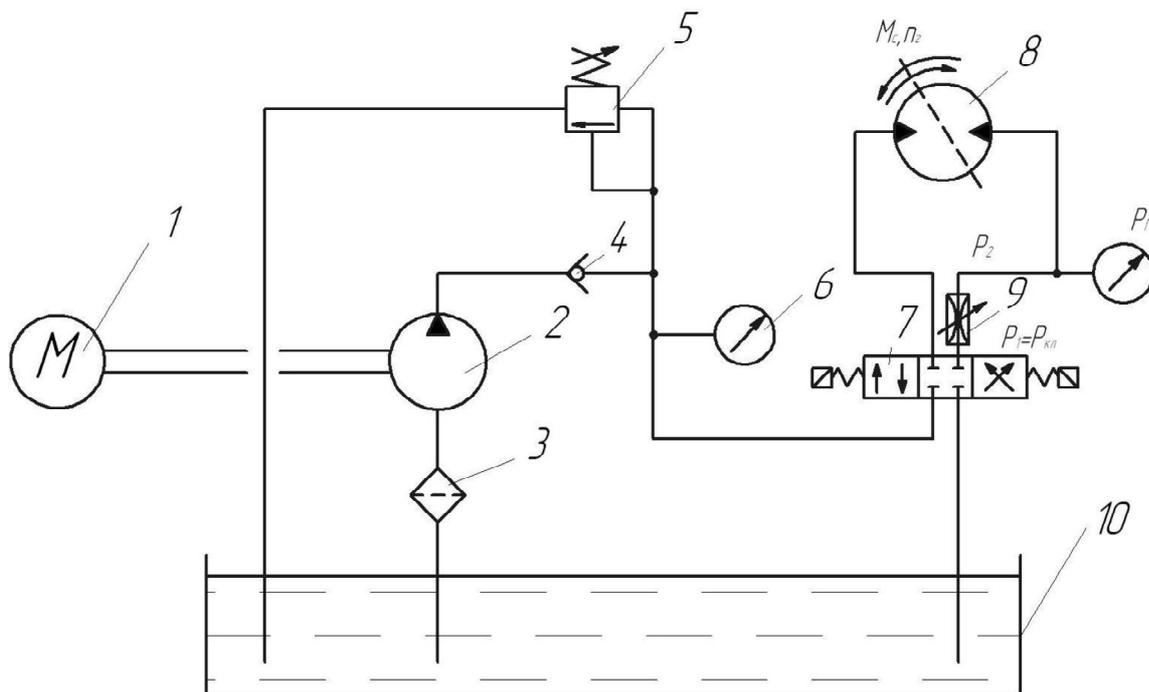


Рисунок 3.16 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 15

2. Найти зависимость частоты вращения ротора $n_{ГМ}$ от площади проходного сечения дросселя S_{gp} и от величины момента сопротивления M_C на роторе гидромотора на рис. 3.16, если известны:

- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- момент сопротивления – M_C ;
- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

В гидрораспределителе установлена правая рабочая позиция (дроссель – на входе гидромотора).

3. Проанализировать полученную зависимость и построить на ее основе технические характеристики данного гидропривода $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$ на рис. 3.16.

Задание 16

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.17 (гидропривод с дросселем, установленным параллельно гидромотору), где $P_2 = P_C \approx 0$.

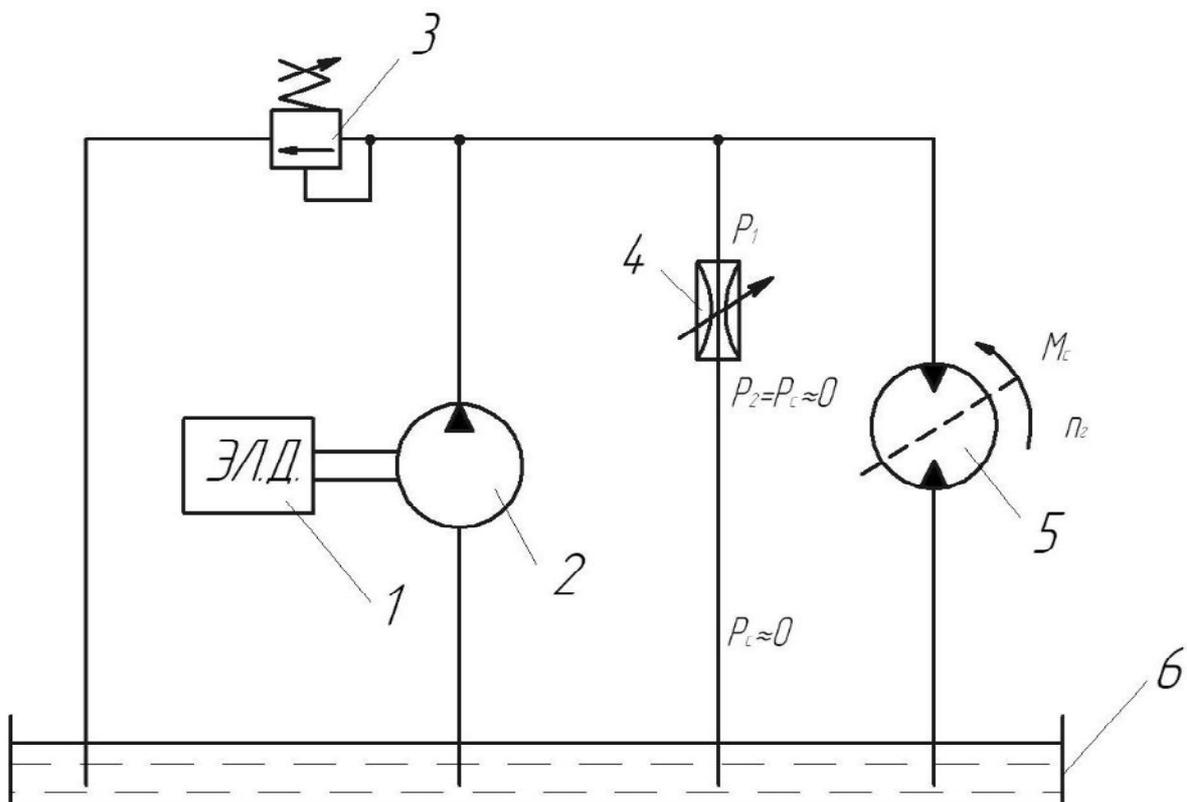


Рисунок 3.17 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 16

2. Проанализировать зависимость частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от различных площадей открытия дросселя S_{gp} , т.е. $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и от меняющейся величины момента сопротивления M_C на его валу, т.е. $n_{ГМ} = f(M_C)$ на рис. 3.17. Предохранительный клапан считать закрытым.

Исходные данные для рис. 3.17:

- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- момент сопротивления, действующий на валу ротора гидромотора, – M_C ;
- подача насоса – Q_H ;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление на выходе дросселя считать равным нулю, т.е. давление слива – $P_C \approx 0$;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- механический КПД гидромотора – $\eta_{mech}^{ГМ}$.

3. На основе полученной зависимости построить технические характеристики гидропривода $n_{ГМ} = f(S_{gp})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$ и проанализировать полученные зависимости для рис. 3.17.

Задание 17

1. Выполнить анализ работы гидропривода по гидросхеме на рис. 3.18 (гидропривод с дросселем, установленным на выходе цилиндра).

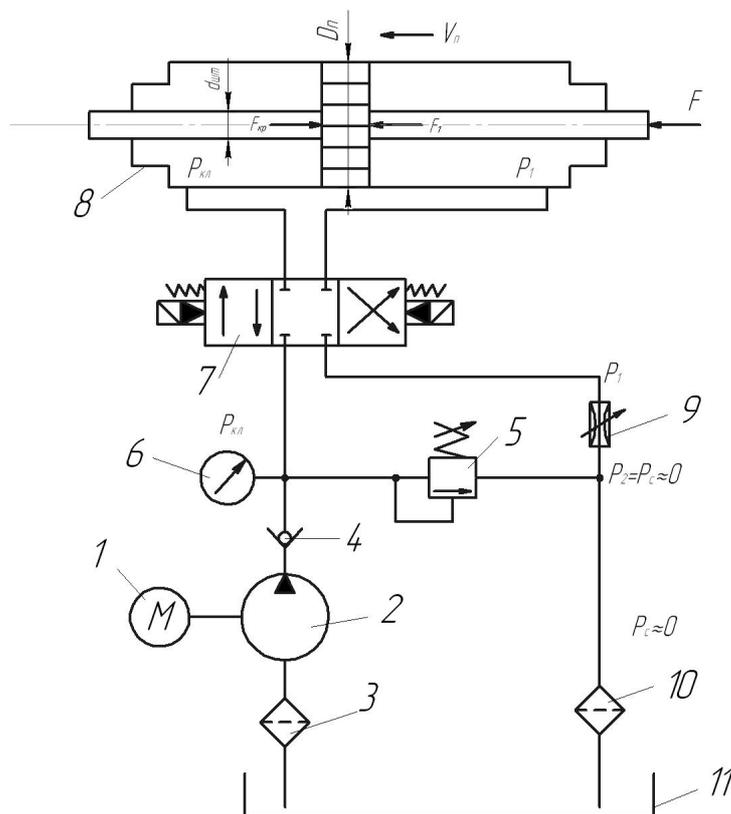


Рисунок 3.18 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 17

2. Определить зависимость скорости V_n перемещения поршня рабочего цилиндра от величины площади дроссельного отверстия S_{gp} и от величины усилия F на штоке для гидропривода на рис. 3.18.

Включена левая рабочая позиция гидрораспределителя (дроссель на выходе гидроцилиндра) на рис. 3.18.

Исходные данные для рис. 3.18:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление на выходе дросселя считать равным нулю, т.е. давление слива – $P_2 = P_C \approx 0$;
- усилие на штоке поршня – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n = f(S_{gp})$ и механическую $V_n = f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.18 и проанализировать их.

Задание 18

1. Выполнить анализ работы гидропривода на рис. 3.19 (гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром).

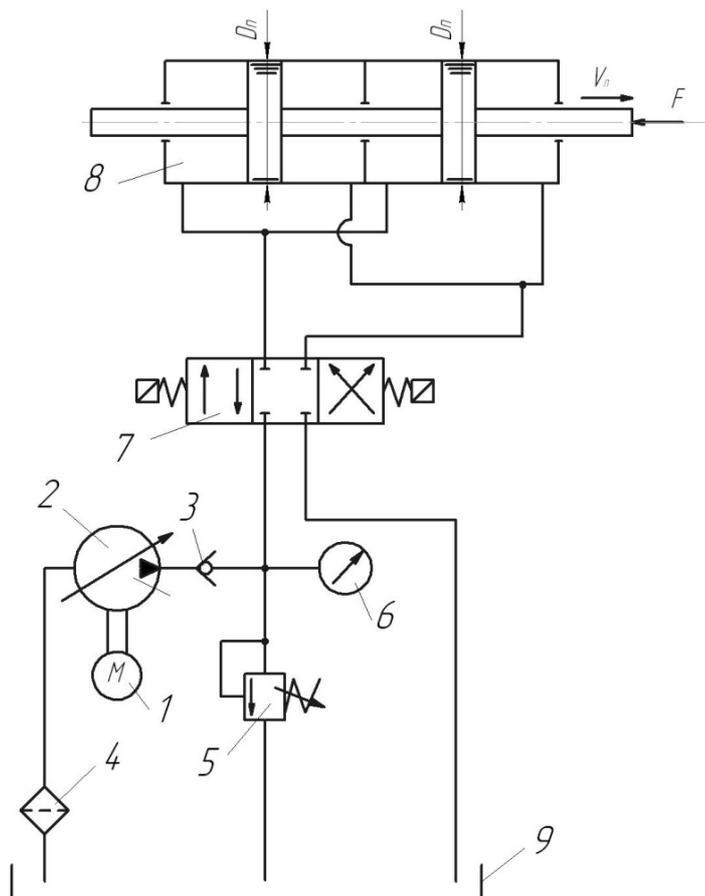


Рисунок 3.19 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 18

2. Найти зависимость скорости движения сдвоенного поршня V_n от рабочего объема насоса V_H^{vol} и от величины усилия F , действующего на шток, если для рис. 3.19 известны:

- усилие на штоке поршня – F ;
- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- рабочий объем насоса – V_H^{vol} ;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- эффективная площадь сдвоенного поршня – $S_{eff} = (2\pi/4)(D_n^2 - d_{sh}^2)$.

3. На основании полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(V_H^{vol})$ и нагрузочную $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода и проанализировать их на рис. 3.19.

Задание 19

1. Выполнить анализ работы гидропривода перемещения рабочего органа долбежного станка по представленной гидросхеме на рис. 3.20 (гидропривод с насосом, частота вращения ротора которого регулируется электродвигателем (РЭД)), где $Q_H = V_H^{vol} \cdot n_H$, где $n_H = \text{вар}$.

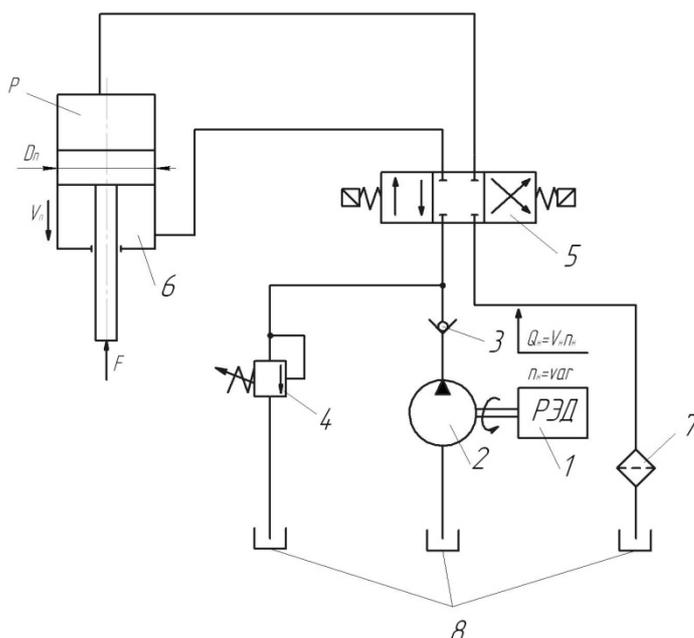


Рисунок 3.20 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 19

2. Найти зависимость скорости движения поршня V_n от частоты вращения n_H ротора насоса 2 с регулируемым электродвигателем 1 (РЭД) $V_n=f(n_H)$ и зависимость $V_n=f(F)$ для рис. 3.20.

Исходные данные для рис. 3.20:

- усилие на штоке поршня – F ;

- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- рабочий объем насоса – V_H^{vol} ;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

Примечание:

- а) гидрораспределитель установлен в правую рабочую позицию;
- б) предохранительный клапан закрыт.

3. Построить графики зависимостей $V_n=f(F)$ и $V_n=f(n_H)$ для рис. 3.20 и проанализировать их.

Задание 20

1. Выполнить анализ работы гидропривода вращательного движения по представленной гидросхеме на рис. 3.21 (гидропривод с нерегулируемым насосом и регулируемым гидромотором).

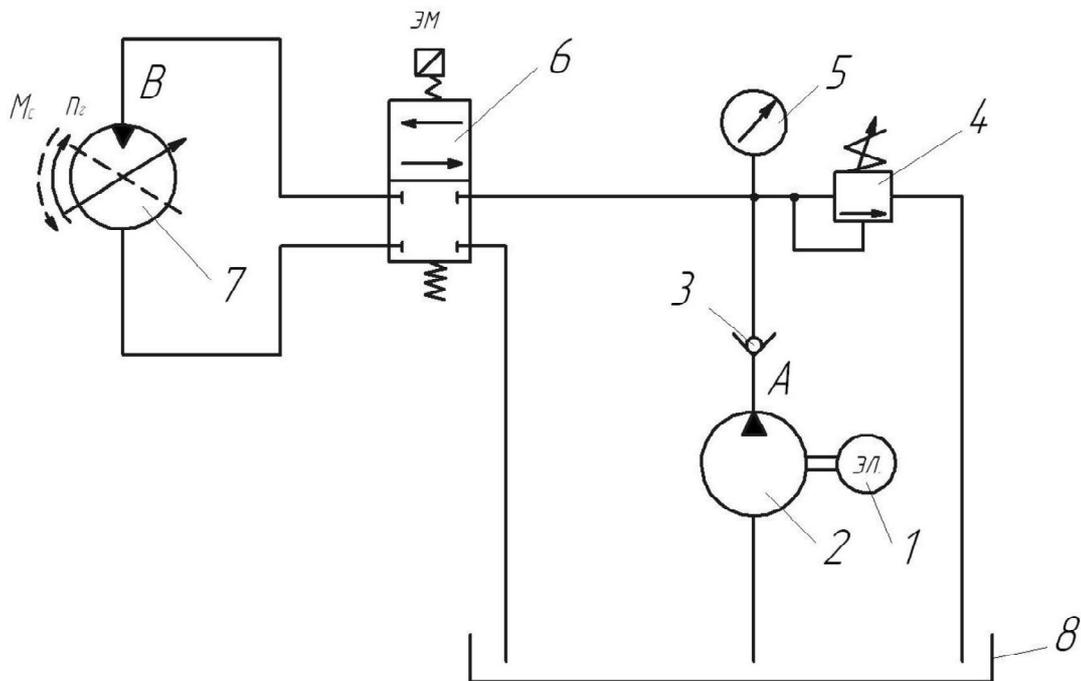


Рисунок 3.21 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 20

2. Провести анализ зависимости частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от его собственного рабочего объема $V_{ГМ}^{vol}$, считая, что предохранительный клапан закрыт.

Исходные данные для рис. 3.21:

- рабочий объем насоса – V_H^{vol} ;
- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- частота вращения ротора насоса – n_H ;

- момент сопротивления на валу ротора гидромотора – M_C ;
- суммарный коэффициент утечек насоса и гидромотора – (ΣK_i) ;
- механический К.П.Д. гидромотора – $\eta_{\text{mech}}^{\text{ГМ}}$.

3. На основе полученной зависимости построить технические характеристики $n_{\text{ГМ}} = f(V_{\text{ГМ}}^{\text{vol}})$ и $n_{\text{ГМ}} = f(M_C)$ данного гидропривода на рис. 3.21 и проанализировать их.

Задание 21

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.22 (гидропривод с дросселем, установленным параллельно гидроцилиндру).

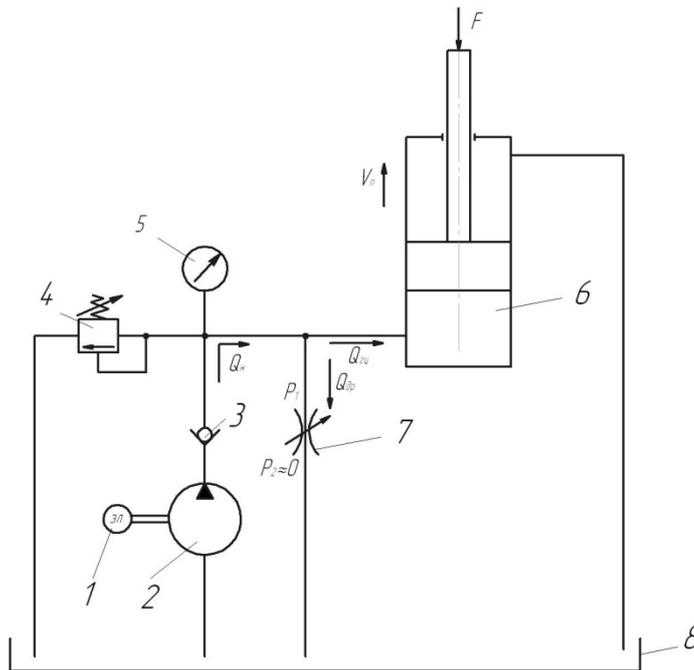


Рисунок 3.22 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 21

2. Определить зависимость скорости движения поршня V_n от площади открытия дросселя S_{gp} и от усилия F на штоке поршня для рис. 3.22, если известны:

- давление в сливной гидролинии – $P_C \approx 0$;
 - коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
 - диаметр поршня – D_n ;
 - площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
 - подача насоса – Q_H ;
 - усилие в штоке – F ;
 - плотность рабочей жидкости – ρ ;
 - $\eta_{\text{mech}}^{\text{cyl}}$ – механический КПД гидроцилиндра.
- Предохранительный клапан считать закрытым.

3. Построить на основании полученной формулы регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и нагрузочную $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.22. Проанализировать полученные зависимости.

Задание 22

1. Выполнить анализ работы гидропривода на рис. 3.23 (гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором).

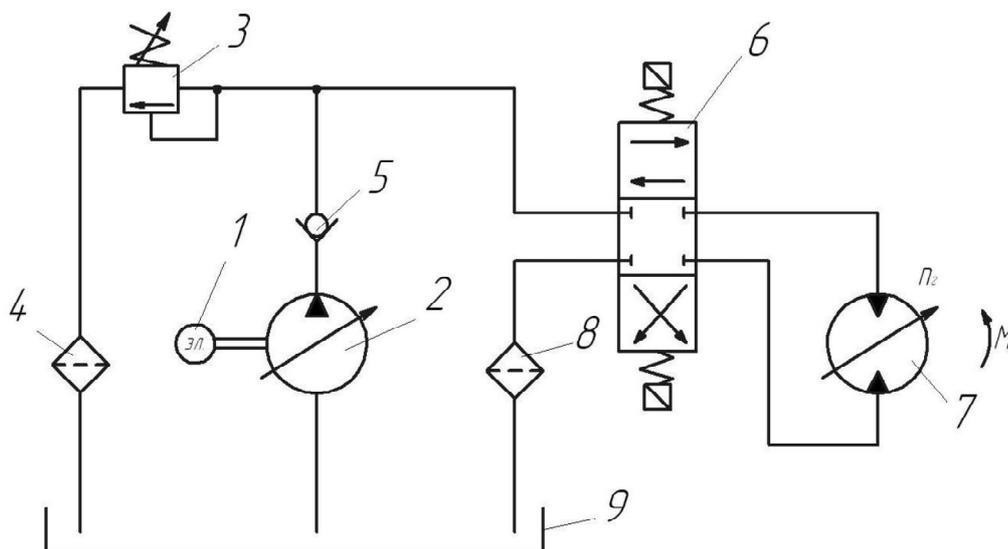


Рисунок 3.23 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 22

2. Определить зависимость частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$, от рабочего объема насоса V_H^{vol} и его собственного объема $V_{ГМ}^{vol}$. Объемными потерями в гидросистеме пренебречь.

3. Проанализировать полученную зависимость и построить регулировочную характеристику $n_{ГМ}=f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$ данного гидропривода. Пояснить ее. Показать график зависимости $n_{ГМ}=f(M_C)$ при наличии утечек жидкости без них. При этом считать, что известны:

- момент сопротивления на валу ротора гидромотора – M_C ;
- суммарный коэффициент утечек насоса и гидромотора – (ΣK_i) ;
- механический К.П.Д. гидромотора – $\eta_{mech}^{ГМ}$.

Задание 23

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.24 (дрессель на входе гидроцилиндра).

2. Определить зависимость скорости V_n движения поршня от площади открытия дрессели S_{gp} и от величины меняющейся нагрузки F для гидропривода на рис. 3.24, если известны:

- площадь сечения дрессельной заслонки – S_{gp} ;

- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление настройки предохранительного клапана – P_K ;
- усилие на штоке поршня – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

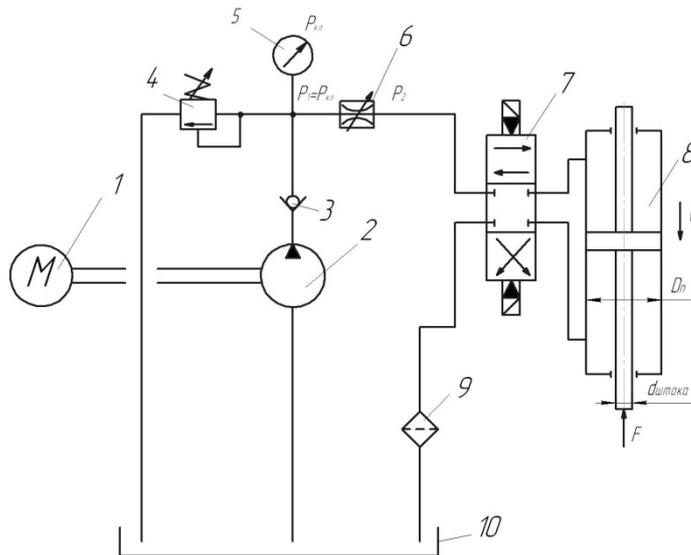


Рисунок 3.24 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 23

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n=f(S_{gp})$ и механическую $V_n=f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.24 и проанализировать их.

Задание 24

1. Выполнить анализ работы гидропривода по гидросхеме на рис. 3.25 (гидропривод с регулируемым насосом и гидроцилиндром).

2. Определить зависимость скорости V_n движения поршня рабочего цилиндра от рабочего объема насоса V_H^{vol} , т.е. $V_n=f(V_H^{vol})$, а также зависимость скорости V_n поршня от нагрузки на поршень F , т.е. $V_n=f(F)$, если известны следующие параметры гидропривода на рис. 3.25:

- рабочий объем V_H^{vol} насоса и частота n_H вращения его ротора;
- диаметр поршня гидроцилиндра – D_n ;
- усилие, действующее на штоке поршня – F ;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- механический КПД гидроцилиндра – η_{mech}^{cyl} ;

3. Построить технические характеристики $V_n=f(V_H^{vol})$ и $V_n=f(F)$ данного гидропривода на рис. 3.25 и проанализировать их.

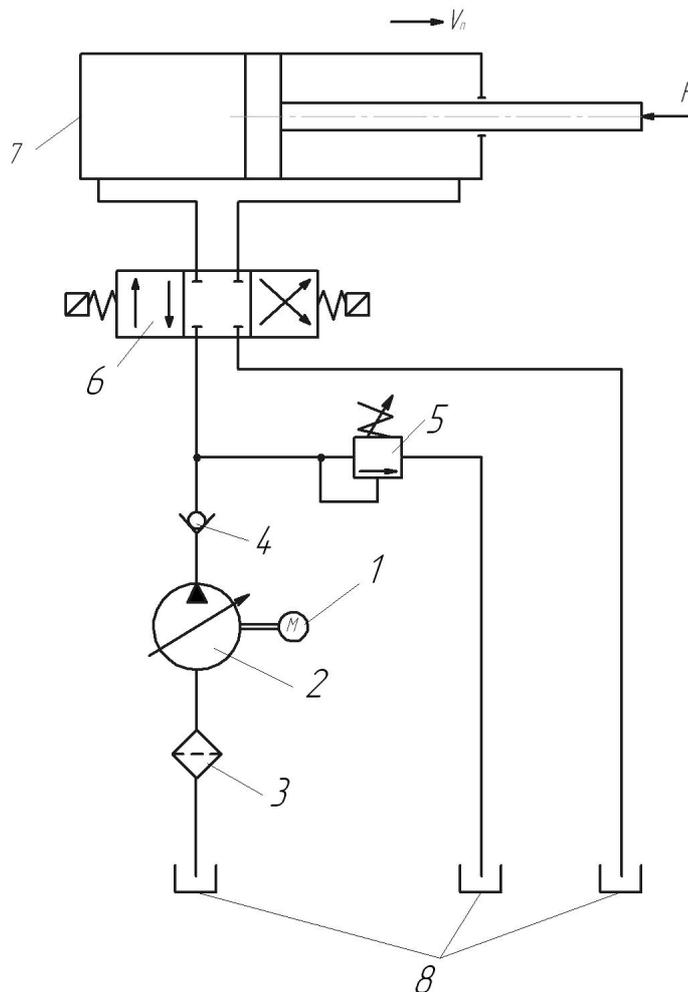


Рисунок 3.25 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 24

Задание 25

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.26 (гидропривод с регулируемым насосом).

2. Установить зависимость скорости V_n синхронного движения поршней от рабочего объема насоса V_H^{vol} и от нагрузки F , действующей на штоки цилиндров.

Исходные данные для рис. 3.26:

- диаметры поршней – D_n ;
- эффективная суммарная площадь поршней – $S_{eff} = (2\pi/4)(D_n^2)$;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- усилие на штоке – F ;
- механический КПД гидроцилиндра – η_{mech}^{cyl} .

3. На основе полученной зависимости построить и объяснить технические характеристики $V_n = f(V_H^{vol})$ и $V_n = f(F)$ гидропривода на рис. 3.26.

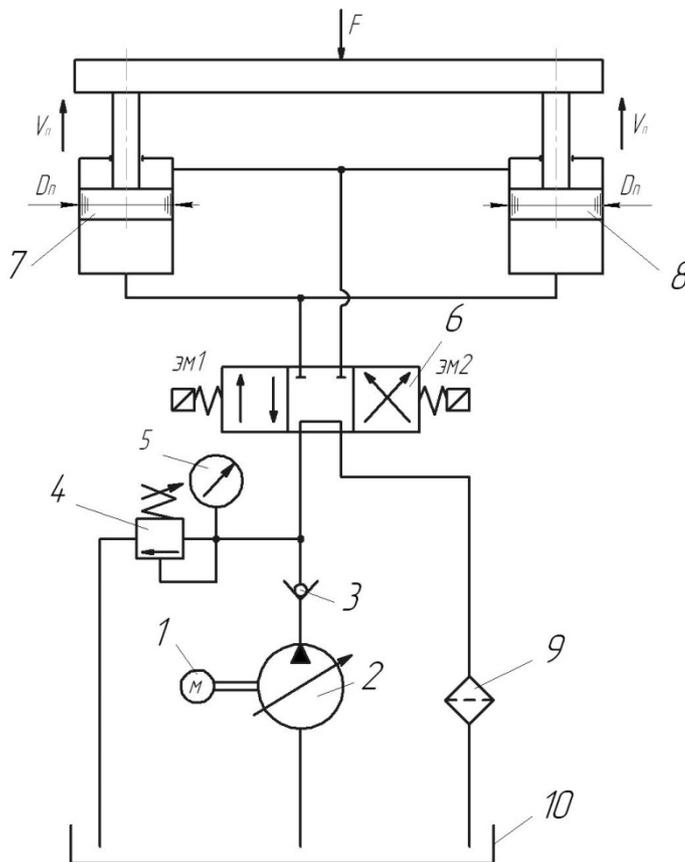


Рисунок 3.26 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 25

Задание 26

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.27 (дрессель установлен параллельно гидроцилиндру).

2. Выполнить анализ зависимости скорости V_n движения поршня рабочего цилиндра от площади открытия дросселя S_{gp} и от значения усилия F , действующего на штоке поршня при установке гидрораспределителя в левую рабочую позицию на рис. 3.27.

Исходные данные для рис. 3.27:

- давление в сливной гидролинии – $P_2 = P_C \approx 0$;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- диаметр поршня – D_n ;
- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- подача насоса – Q_H ;
- усилие в штоке – F ;
- плотность рабочей жидкости – ρ .

Предохранительный клапан считать закрытым.

3. Построить регулировочную $V_n = f(S_{gp})$ и нагрузочную $V_n = f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.27. Проанализировать полученные зависимости.

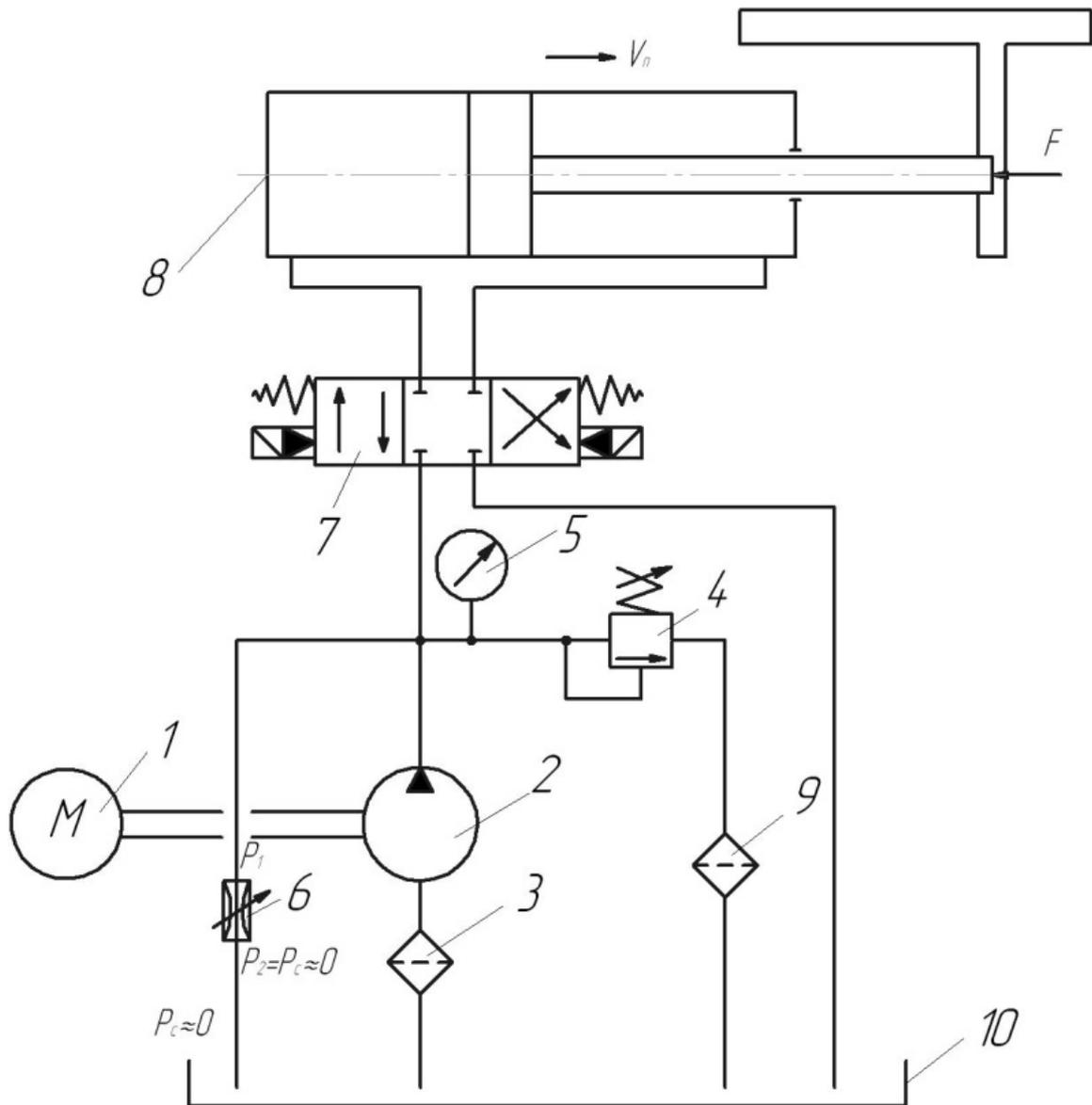


Рисунок 3.27 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 26

Задание 27

1. Выполнить анализ работы гидропривода на рис. 3.28 (регулируемый насос и нерегулируемый гидромотор).

2. Проанализировать зависимости частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$ от рабочего объема насоса V_H^{vol} и от момента сопротивления на валу ротора гидромотора M_C , если известны так же:

- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- рабочий объем гидромотора – $V_{ГМ}^{vol}$;
- суммарный коэффициент утечек насоса и гидромотора – $(\sum K_i)$;
- механический К.П.Д. гидромотора – $\eta_{mech}^{ГМ}$.

3. Построить технические характеристики данного гидропривода $n_{ГМ} = f(V_H^{vol})$ и $n_{ГМ} = f(M_C)$ и проанализировать их.

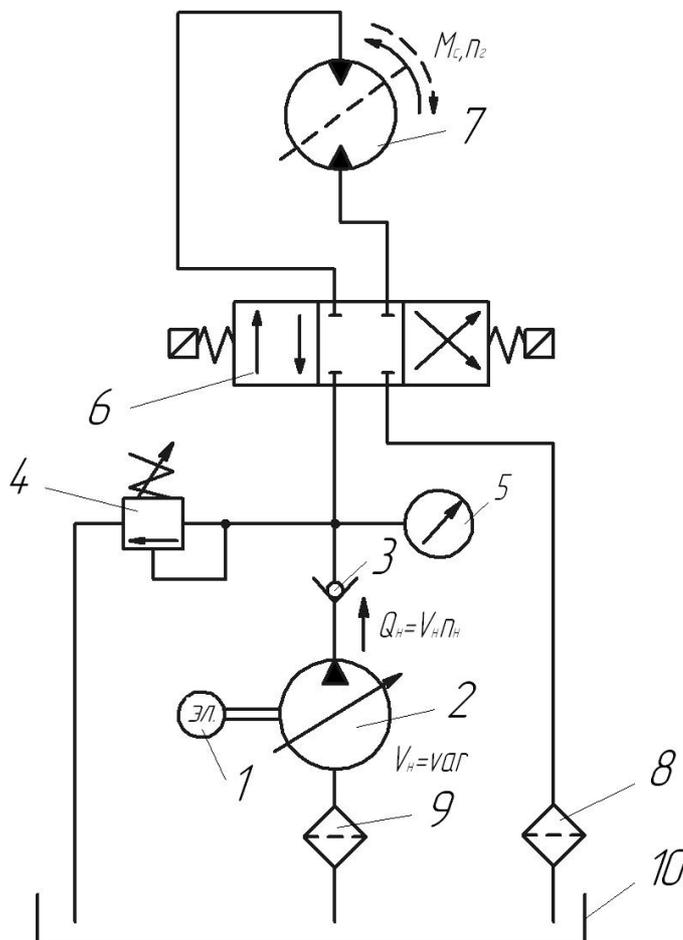


Рисунок 3.28 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 27

Задание 28

1. Выполнить анализ работы гидропривода по представленной гидросхеме на рис. 3.29 (гидропривод с насосом, частота вращения ротора которого $n_H = \text{var}$ регулируется электродвигателем (РЭД)), где $Q_H = V_H^{vol} \cdot n_H$.

2. Найти зависимость скорости движения поршня V_n от частоты вращения n_H ротора насоса 2 с регулируемым электродвигателем 1 (РЭД) $V_n = f(n_H)$ и зависимость $V_n = f(F)$ для рис. 3.29.

Исходные данные для рис. 3.29:

- усилие на штоке поршня – F ;
- частота вращения ротора насоса – n_H ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- рабочий объем насоса – V_H^{vol} ;
- суммарный коэффициент утечек – (ΣK_i) ;
- η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

Примечание:

- а) гидрораспределитель установлен в рабочую позицию II;
- б) предохранительный клапан закрыт.

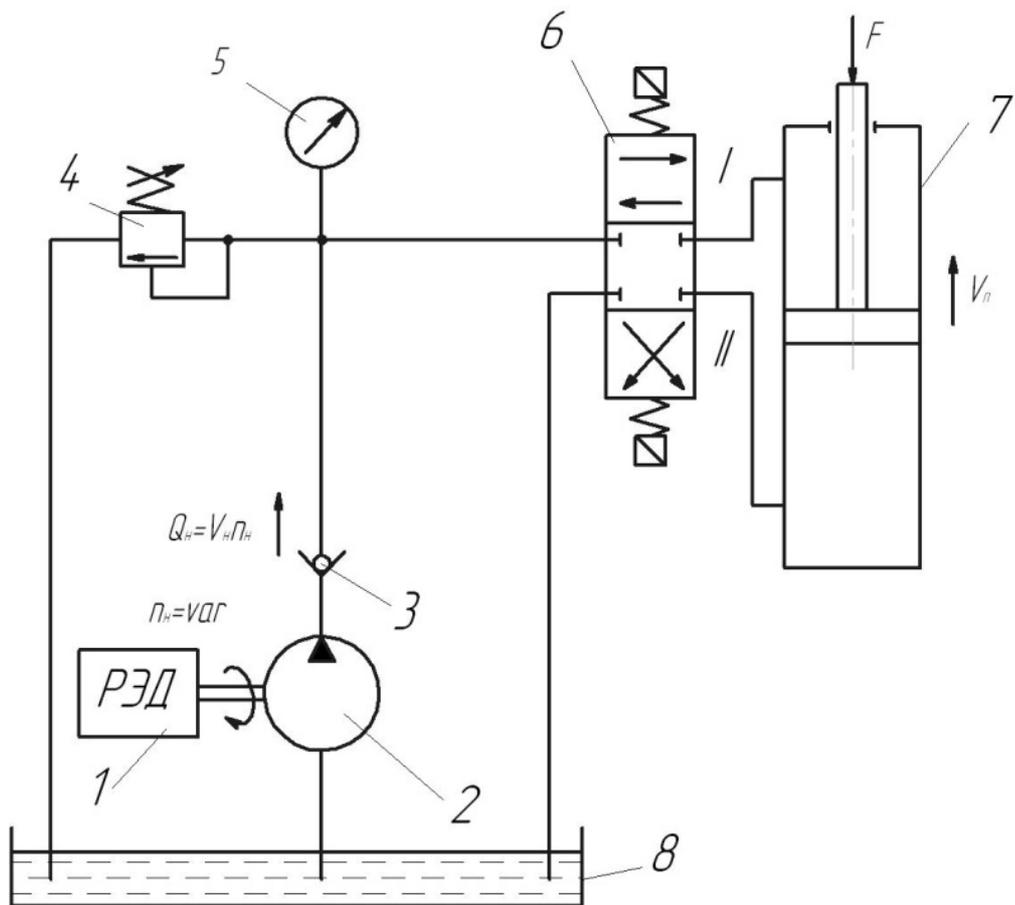


Рисунок 3.29 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 28

3. На основе полученной зависимости построить технические характеристики данного гидропривода $V_n=f(F)$ и $V_n=f(n_H)$ для рис. 3.29 и проанализировать их.

Задание 29

1. Выполнить анализ работы гидропривода на рис. 3.30 (гидропривод с регулируемым насосом и гидромотором).

2. Определить зависимость частоты вращения ротора гидромотора $n_{ГМ}$, от рабочего объема насоса V_H^{vol} и его собственного объема $V_{ГМ}^{vol}$. Объемными потерями в гидросистеме пренебречь. Считать, что известен также момент сопротивления на валу ротора гидромотора. Проанализировать полученную зависимость и построить регулировочную характеристику $n_{ГМ}=f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$ данного гидропривода. Пояснить ее. Показать график зависимости $n_{ГМ}=f(M_C)$ при наличии утечек жидкости без них. Коэффициент утечек известен. При этом считать, что известны:

- момент сопротивления на валу ротора гидромотора – M_C ;
- суммарный коэффициент утечек насоса и гидромотора – (ΣK_i) ;
- механический К.П.Д. гидромотора – $\eta_{mech}^{ГМ}$.

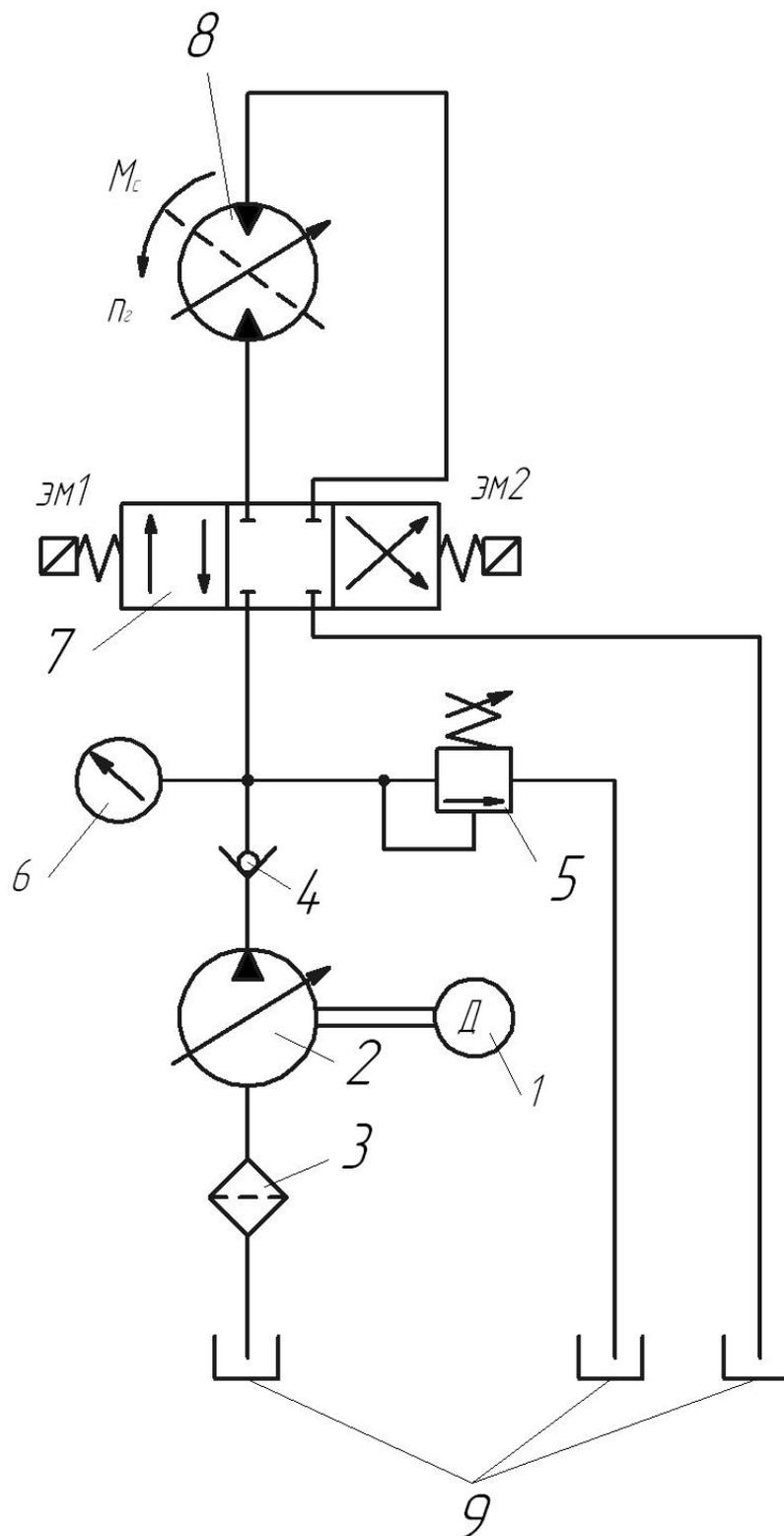


Рисунок 3.30 – Принципиальная схема гидропривода с объемным регулированием для задания 29

3. Проанализировать зависимости частоты вращения $n_{ГМ}$ ротора гидромотора от момента сопротивления M_C на его валу и от V_H^{vol} и $V_{ГМ}^{vol}$. Построить нагрузочную характеристику данного привода $n_{ГМ} = f(M_C)$ и регулировочную характеристику $n_{ГМ} = f(V_H^{vol}, V_{ГМ}^{vol})$.

Задание 30

1. Выполнить анализ работы гидропривода на рис. 3.31 (дроссель на выходе гидроцилиндра).

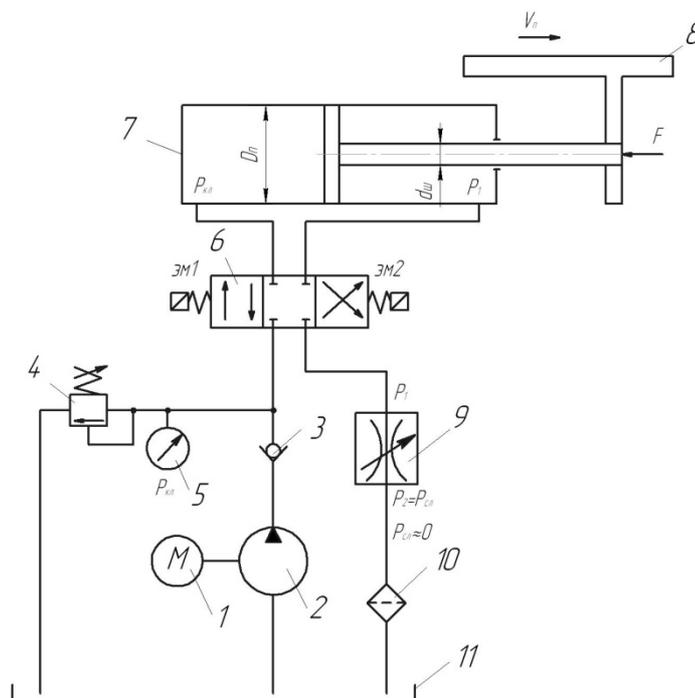


Рисунок 3.31 – Принципиальная схема гидропривода с дроссельным регулированием для задания 30

2. Определить зависимость скорости V_n перемещения поршня рабочего цилиндра от величины площади дроссельного отверстия S_{gp} и от величины усилия F на штоке для гидропривода на рис. 3.31.

Включена левая рабочая позиция гидрораспределителя (дроссель на выходе гидроцилиндра) на рис. 3.31.

Исходные данные для рис. 3.31:

- площадь открытия дросселя – S_{gp} ;
- коэффициент расхода дросселя – μ_{gp} ;
- давление на выходе дросселя считать равным нулю, т.е. давление слива – $P_2 = P_c \approx 0$;
- усилие на штоке поршня – F ;
- диаметр поршня – D_n ;
- диаметр штока – d_{sh} ;
- плотность рабочей жидкости – ρ ;
- η_{mech}^{cyl} – механический КПД гидроцилиндра.

3. На основе полученной зависимости построить регулировочную $V_n = f(S_{gp})$ и механическую $V_n = f(F)$ характеристики данного гидропривода на рис. 3.31 и проанализировать их.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 **Афанасьєва, М. А.** Гідравліка, гідро-та пневмоприводи. Гідрогазодинаміка [Текст]: [Матеріали до курс. та контрол. роботи для студ. ден. та заоч. форм навчання] / М. А. Афанасьєва, М. Б. Жуков, Г. Г. Габузов . – Краматорськ : ДДМА, 2004. – 79 с. : іл. – Бібліогр.: с.79 (6 назв.). – ISBN 966-7851-62-1.

2 **Афанасьєва, М. А.** Гідравліка, гідро- та пневмоприводи [Текст]: навч. посіб. / М. А. Афанасьєва, М. Б. Жуков. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – 135 с. : іл. – Бібліогр. : с.135 (10 назв.). – ISBN 978-966-379-460-0.

3 Гидравлика и гидропривод/ Н. С. Гудилин, Е. М. Кривенко, Б. С. Маховиков, И. Л. Пастоев. – М. : Изд-во Моск. гос. горного университета, 2001. – 520 с.

4 **Жуков, Н. Б.** Гидравлика, гидропривод и гидропневмоавтоматика : методические указания к курсовой работе по дисциплине / Н. Б. Жуков, М. А. Афанасьєва, Г. Г. Габузов. – Краматорск, ДГМА, 1994. – 76 с.

5 **Федорець, В. О.** Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: підруч. для студ. машинобудів. спец. вузів / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський ; ред. В. О. Федорець. – К. : Вища школа, 1995. – 464 с. : іл.