

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Гидропневмоавтоматика»

**Ю. А. Андреев, Ю. В. Сериков**

## **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к контрольным работам  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
заочной формы обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2010

УДК 62-82(075.8)  
ББК 34.447я73  
А65

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
заочного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 5 от 22.05.2009 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Технология машиностроения» ГГТУ им. П. О. Сухого  
*Г. В. Петришин*

**Андреевц, Ю. А.**  
А65 Теория и проектирование гидропневмосистем : метод. указания к контрол. работам для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» заоч. формы обучения / Ю. А. Андреевц, Ю. В. Сериков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 35 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-908-1.

Содержат необходимые для выполнения контрольных работ общие сведения к разным типам задач. Приведены исходные данные к различным вариантам задач, входящим в контрольную работу.

Для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» заочной формы обучения.

УДК 62-82(075.8)  
ББК 34.447я73

ISBN 978-985-420-908-1

© Андреевц Ю. А., Сериков Ю. В., 2010  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2010

## **Тема 1. Нормативно-технические документы**

В данной задаче необходимо найти государственный стандарт на заданную тему и написать реферат.

1.1. Насосы объемные нереверсивные, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.2. Периодические испытания объемных нереверсивных насосов. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания нереверсивных объемных насосов и описание принципа их работы.

1.3. Насосы объемные реверсивные, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.4. Периодические испытания объемных реверсивных насосов. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания реверсивных объемных насосов и описание принципа их работы.

1.5. Гидромоторы объемные, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.6. Периодические испытания объемных гидромоторов. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидромоторов объемных и описание принципа их работы.

1.7. Гидроклапаны обратные, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.8. Периодические испытания гидроклапанов обратных. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов обратных и описание принципа их работы.

1.9. Гидроклапаны выдержки времени, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.10. Периодические испытания гидроклапанов выдержки времени. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов выдержки времени и описание принципа их работы.

1.11. Гидроклапаны последовательности, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.12. Периодические испытания гидроклапанов последовательности. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов последовательности и описание принципа их работы.

1.13. Гидрозамки, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.14. Периодические испытания гидрозамков. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидрозамков и описание принципа их работы.

1.15. Направляющие гидрораспределители с гидравлическим управлением, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.16. Периодические испытания направляющих гидрораспределителей с гидравлическим управлением. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания направляющих гидрораспределителей с гидравлическим управлением и описание принципа их работы.

1.17. Направляющие гидрораспределители с электромагнитным управлением, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.18. Периодические испытания направляющих гидрораспределителей с электромагнитным управлением. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания направляющих гидрораспределителей с электромагнитным управлением и описание принципа их работы.

1.19. Гидроклапаны редуционные, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.20. Периодические испытания гидроклапанов редуционных. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов редуционных и описание принципа их работы.

1.21. Гидроклапаны предохранительные непрямого действия, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.22. Периодические испытания гидроклапанов предохранительных непрямого действия. Перечень проверяемых параметров и

методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов предохранительных непрямого действия и описание принципа их работы.

1.23. Гидроклапаны предохранительные прямого действия, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.24. Периодические испытания гидроклапанов предохранительных прямого действия. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов предохранительных прямого действия и описание принципа их работы.

1.25. Гидроклапаны разности давления, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.26. Периодические испытания гидроклапанов разности давления. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов разности давления и описание принципа их работы.

1.27. Гидроклапаны соотношения давления, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.28. Периодические испытания гидроклапанов соотношения давления. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов соотношения давления и описание принципа их работы.

1.29. Гидроклапаны переливные с обратным гидроклапаном, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.30. Периодические испытания гидроклапанов переливных с обратным гидроклапаном. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроклапанов переливных с обратным гидроклапаном и описание принципа их работы.

1.31. Гидроусилители, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.32. Периодические испытания гидроусилителей. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроусилителей и описание принципа их работы.

1.33. Регуляторы расхода, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.34. Периодические испытания регуляторов расхода. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания регуляторов расхода и описание принципа их работы.

1.35. Делители потока, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.36. Периодические испытания делителей потока. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания делителей потока и описание принципа их работы.

1.37. Фильтры, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.38. Периодические испытания фильтров. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания фильтров и описание принципа их работы.

1.39. Гидроцилиндры, общие технические требования и требования безопасности к их конструкции, изготовлению, монтажу и эксплуатации.

1.40. Периодические испытания гидроцилиндров. Перечень проверяемых параметров и методы измерения этих параметров. Типовые схемы стендов для испытания гидроцилиндров и описание принципа их работы.

## **Тема 2. Построение гидравлических схем**

Совокупность гидромашин, гидроаппаратов и вспомогательных устройств, предназначенная для передачи энергии и преобразования движения посредством жидкости, называется *гидроприводом*.

*Гидроаппаратами* называются устройства для управления потоком жидкости. Основные гидроаппараты: гидродроссели и гидроклапаны, предназначенные для управления расходом и давлением в потоке жидкости; гидрораспределители, предназначенные для изменения направления потока жидкости.

Условные обозначения по ЕСКД гидромашин, гидроаппаратов и вспомогательных устройств приведены в Приложении.

По характеру движения выходного звена объемные гидроприводы делят на три класса: поступательного, поворотного и вращательного

движений. В соответствии с этим в качестве гидродвигателей используются гидроцилиндры, поворотные гидродвигатели и гидромоторы.

Различают объемные гидроприводы без управления и с управлением. В первых не предусмотрена возможность регулирования скорости выходного звена, а во вторых можно менять эту скорость воздействием извне. Существует два основных способа регулирования гидропривода: дроссельное и машинное (объемное).

Дроссельное регулирование заключается в том, что часть подачи насоса отводится через гидродроссель или гидроклапан на слив, минуя гидродвигатель.

Объемное регулирование осуществляется за счет изменения рабочего объема насоса или гидродвигателя либо обеих гидромашин.

В системе необходимо после насоса устанавливать клапан предохранительный для предохранения насоса и системы от повышения давления и клапан обратный между системой и насосом.

В системе необходимо устанавливать устройства для фильтрации и охлаждения рабочей жидкости. Фильтр необходимо устанавливать на сливной линии или на любой другой по заданию, заливной и воздушный фильтры устанавливаются всегда.

Гидролинии, соединяющие устройства в схеме, должны быть прямыми и повороты должны быть под углом  $90^\circ$ .

2.1. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии.

2.2. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода нерегулируемого вращательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии.

2.3. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена остановка гидродвигателя без остановки насоса.

2.4. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода регулируемого реверсивного вращательного движения с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости.

2.5. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода, в которой гидроцилиндр и гидромотор установлены параллельно и предусмотрено дроссельное регулирование скоростей движения выходных звеньев гидродвигателей.

2.6. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на сливной линии и регулятора потока на напорной линии.

2.7. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на напорной линии и дроссельное регулирование скорости выходного звена гидродвигателя.

2.8. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена остановка гидродвигателя без остановки насоса и редуцирование давления в напорной линии гидродвигателя.

2.9. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения с объемным регулированием, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии.

2.10. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена установка регулятора потока на напорной линии и остановка гидродвигателя без остановки насоса.

2.11. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на напорной линии двухштокового гидроцилиндра.

2.12. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения с гидромотором поворотного действия и дроссельным регулированием скорости выходного звена.

2.13. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена остановка гидродвигателя без остановки насоса и дроссельное регулирование скорости выходного звена на сливной линии гидродвигателя.

2.14. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена остановка гидродвигателя без остановки насоса и дроссельное регулирование скорости выходного звена на сливной линии гидродвигателя.

2.15. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения с гидроцилиндром одностороннего действия и дроссельным регулированием скорости выходного звена.

2.16. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на напорной линии нереверсивного гидромотора.

2.17. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии и редуцирование давления в напорной линии гидродвигателя.

2.18. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения с объемным регулированием, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии.

2.19. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения, предусматривающую установку регулировочного дросселя параллельно гидродвигателю и остановку поворотного гидродвигателя без остановки нереверсивного насоса.

2.20. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена остановка гидродвигателя без остановки насоса и редуцирование давления в напорной линии гидродвигателя.

2.21. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на напорной линии и дроссельное регулирование скорости выходного звена гидродвигателя.

2.22. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поступательного движения, предусматривающую установку регулировочного дросселя параллельно гидродвигателю и остановку двухштокового гидроцилиндра без остановки нереверсивного насоса.

2.23. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на сливной линии и регулятора потока на напорной линии.

2.24. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения с объемным регулированием скорости движения выходного звена гидроцилиндра одинарного действия.

2.25. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой два гидроцилиндра установлены параллельно и предусмотрено объемное регулирование скоростей движения выходных звеньев гидроцилиндров.

2.26. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода нерегулируемого вращательного движения с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости и остановкой реверсивного гидромотора без остановки нереверсивного насоса.

2.27. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрено дросселирование скорости выходного звена и редуцирование давления в напорной линии гидродвигателя.

2.28. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения, в которой предусмотрено редуцирование давления в напорной линии гидромотора поворотного действия.

2.29. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей и напорной линиях.

2.30. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода регулируемого вращательного движения, предусматривающую установку регулировочного дросселя параллельно гидродвигателю и установку реверсивного гидромотора без остановки нереверсивного насоса.

2.31. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрено дросселирование скорости выходного звена двухштокового гидроцилиндра.

2.32. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии и остановка гидромотора поворотного действия без остановки нереверсивного насоса.

2.33. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на сливной линии и регулятора потока на напорной линии.

2.34. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрено дроссельное регулирование скорости выходного звена гидродвигателя.

2.35. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода поворотного движения с объемным регулированием скорости движения выходного звена гидромотора поворотного действия.

2.36. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода нерегулируемого вращательного движения, в которой предусмотрена остановка реверсивного гидродвигателя без остановки нереверсивного насоса.

2.37. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой два гидромотора установлены параллельно и предусмотрено объемное регулирование скоростей движения выходных звеньев гидромоторов.

2.38. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрено дроссельное регулирование скорости выходного звена гидродвигателя.

2.39. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода возвратно-поступательного движения, в которой предусмотрена установка регулятора потока на напорной линии и остановка гидродвигателя без остановки насоса.

2.40. Разработать гидравлическую схему объемного гидропривода вращательного движения, в которой предусмотрена установка фильтра на всасывающей линии и редуцирование давления в напорной линии гидродвигателя.

### Тема 3. Расчет устойчивого гидропривода

*Гидроцилиндр* – объемный гидродвигатель с прямолинейным возвратно-поступательным движением выходного звена относительно корпуса.

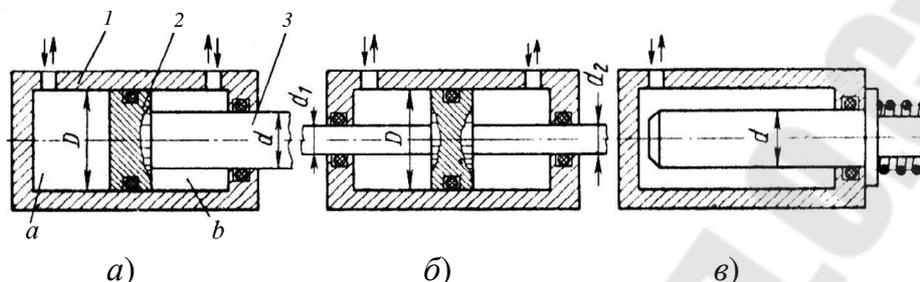


Рис. 3.1. Схемы гидроцилиндров

Различают гидроцилиндры с односторонним и двусторонним штоком, понимая под первым поршневой гидроцилиндр со штоком с одной стороны поршня (рис. 3.1, *а*) и под вторым – гидроцилиндр со штоком, расположенным по обе стороны поршня (рис. 3.1, *б*). Часть рабочей камеры *а* (рис. 3.1, *а*) гидроцилиндра, ограниченная корпусом 1, поршнем 2 и крышкой, называется **поршневой** полостью, а часть рабочей камеры *б* гидроцилиндра, ограниченная рабочими поверхностями корпуса, поршня, штока 3 и крышкой, называется **штоковой** полостью.

Кроме того, различают гидроцилиндры одностороннего (рис. 3.1, *в*) и двустороннего действия (рис. 3.1, *а* и *б*).

Расчетное движущее усилие  $F$  на штоке, развиваемое давлением жидкости на поршень (трением поршня и штока, а также противодействием в нерабочей полости и силой инерции пренебрегаем), упрощенно определяется по формуле

$$F = p \cdot S, \text{ Н,}$$

где  $p$  – давление жидкости;  $S$  – рабочая (эффективная) площадь поршня.

Рабочая площадь  $S$  поршня для одноштокового гидроцилиндра с двумя рабочими полостями определяется по выражениям:

– при подаче жидкости в поршневую полость:

$$S = \pi \cdot D^2 / 4;$$

– при подаче жидкости в штоковую полость:

$$S = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4,$$

где  $D$  и  $d$  – диаметры поршня и штока (рис. 3.1, *а*).

За единицу давления в Международной системе единиц SI принят паскаль – давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м<sup>2</sup>. Наряду с этой единицей давления применяют укрупненные единицы: кПа и МПа.

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 10^{-3} \text{ кПа} = 10^{-6} \text{ МПа}.$$

В технике в настоящее время продолжают применять также систему единиц: метр, килограмм-сила, секунда (МКГСС), в которой за единицу давления принимается 1 кгс/м<sup>2</sup>. Широко используют также внесистемные единицы – техническую атмосферу и бар (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Система SI	Система МКГСС	Внесистемные
1 Н/м <sup>2</sup> = 1 Па	1 кгс/м <sup>2</sup> = 9,81 Па	1 атм = 1 кгс/см <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> кгс/м <sup>2</sup> = 98100 Па
1 МПа = 10 <sup>6</sup> Па	1 Па = 0,102 кгс/м <sup>2</sup>	1 бар = 10 <sup>5</sup> Па = 1,02 атм

По закону Паскаля давление, приложенное на определенном уровне жидкости  $p$ , определяется как давление на поверхности жидкости  $p_0$  (или на предыдущем уровне) и давление, обусловленное весом вышележащих слоев жидкости  $h$ :

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h.$$

### Задачи

3.1. Определить давление масла  $p_1$ , подводимого в поршневую полость гидроцилиндра (рис. 3.2, а), если избыточное давление в штоковой полости  $p_2 = 80$  кПа, усилие на штоке  $F = 10$  кН, сила трения поршня о цилиндр  $F_{\text{тр}} = 0,4$  кН, диаметр поршня  $D = 125$  мм, диаметр штока  $d = 70$  мм.

3.2. Определить усилие на штоке  $F$ , если давление масла подводимого в поршневую полость гидроцилиндра (рис. 3.2, а)  $p_1 = 10$  атм, избыточное давление в штоковой полости  $p_2 = 80$  кПа, сила трения поршня о цилиндр  $F_{\text{тр}} = 0,4$  кН, диаметр поршня  $D = 125$  мм, диаметр штока  $d = 70$  мм.

3.3. Определить давление масла  $p_2$  в штоковой полости гидроцилиндра (рис. 3.2, а), если подводимое давление в поршневой полости  $p_1 = 1$  МПа, усилие на штоке  $F = 2$  кН, сила трения поршня о цилиндр  $F_{\text{тр}} = 0,3$  кН, диаметр поршня  $D = 110$  мм, диаметр штока  $d = 50$  мм.

3.4. Определить диаметр поршня  $D$ , если давление масла подводимого в поршневую полость гидроцилиндра (рис. 3.2, а)  $p_1 = 0,9$  МПа, избыточное давление в штоковой полости  $p_2 = 70$  кПа, усилие на што-

ке  $F = 10$  кН, сила трения поршня о цилиндр  $F_{\text{тр}} = 0,3$  кН, диаметр штока  $d = 70$  мм.

3.5. Какое давление  $p_2$  будет на выходе из гидравлического мультипликатора (рис. 3.2, б), если давление на входе  $p_1 = 2$  МПа, а диаметры поршней  $d = 10$  мм,  $D = 50$  мм?

3.6. Какое давление  $p_1$  будет на входе в гидравлический мультипликатор (рис. 3.2, б), если давление на выходе  $p_2 = 240$  атм, а диаметры поршней  $d = 50$  мм,  $D = 110$  мм?

3.7. Каким должен быть диаметр  $D$ , если давление на входе в гидравлический мультипликатор (рис. 3.2, б)  $p_1 = 30$  атм, давление на выходе  $p_2 = 48$  МПа, а диаметр  $d = 20$  мм?

3.8. Каким должен быть диаметр  $d$ , если давление на входе в гидравлический мультипликатор (рис. 3.2, б)  $p_1 = 1$  МПа, давление на выходе  $p_2 = 160$  атм, а диаметр  $D = 120$  мм?

3.9. Какое давление  $p_1$  необходимо подвести к цилиндру гидравлического мультипликатора (рис. 3.2, б), чтобы получить на выходе давление  $p_2 = 10$  МПа, если диаметры  $d = 10$  мм,  $D = 50$  мм? Вычислить силу давления на поршень.

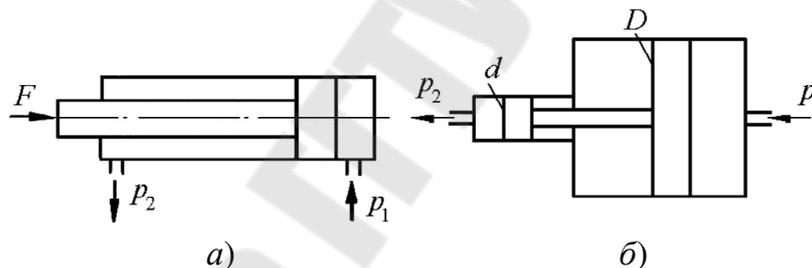


Рис. 3.2. Схемы гидроцилиндров к задачам 3.1–3.9

3.10. Определить силу  $F$  на штоке золотника (рис. 3.3), если давление в правой полости цилиндра  $p_2 = 90$  кПа; избыточное давление  $p_1 = 1$  МПа; диаметры поршней  $D = 20$  мм,  $d = 15$  мм. Жидкость – вода.

3.11. Определить давление в правой полости цилиндра  $p_2$  (рис. 3.3), если сила на штоке золотника  $F = 400$  Н, избыточное давление  $p_1 = 2$  МПа; диаметры поршней  $D = 20$  мм,  $d = 15$  мм. Жидкость – вода.

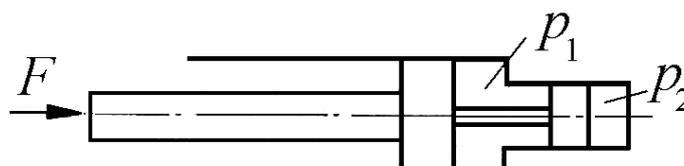


Рис. 3.3. Схема гидроцилиндра к задачам 3.10 и 3.11

3.12. Определить силу, приложенную к штоку правого цилиндра  $F$  (рис. 3.4, а), если известно, что давление, развиваемое насосом,  $p_1 = 5$  атм; давление на выходе правого гидроцилиндра  $p_4 = 2$  атм; площади рабочих полостей  $S_1 = 100 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 110 \text{ см}^2$ ;  $S_4 = 25 \text{ см}^2$ .

3.13. Определить давление, развиваемое насосом  $p_1$  (рис. 3.4, а), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F = 100 \text{ кН}$ ; давление на выходе правого гидроцилиндра  $p_4 = 4$  атм; площади рабочих полостей  $S_1 = 100 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 110 \text{ см}^2$ ;  $S_4 = 25 \text{ см}^2$ .

3.14. Определить давление на выходе правого гидроцилиндра  $p_4$  (рис. 3.4, а), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F = 5 \text{ кН}$ ; давление, развиваемое насосом  $p_1 = 4$  атм; площади рабочих полостей  $S_1 = 100 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 110 \text{ см}^2$ ;  $S_4 = 25 \text{ см}^2$ .

3.15. Определить массу груза  $m$  (рис. 3.4, б), если известно, что давление в поршневой полости нижнего гидроцилиндра  $p_1 = 5$  атм; давление в штоковой полости верхнего гидроцилиндра  $p_4 = 1$  атм;  $H = 20 \text{ м}$  площади рабочих полостей  $S_1 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 7 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 60 \text{ см}^3$ ;  $S_4 = 10 \text{ см}^2$ .

3.16. Определить давление  $p_1$  в поршневой полости нижнего гидроцилиндра (рис. 3.4, б), если известно, что масса груза  $m = 1000 \text{ кг}$ ; давление в штоковой полости верхнего гидроцилиндра  $p_4 = 2$  атм;  $H = 5 \text{ м}$  площади рабочих полостей  $S_1 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 7 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 60 \text{ см}^3$ ;  $S_4 = 10 \text{ см}^2$ .

3.17. Определить давление  $p_4$  в штоковой полости верхнего гидроцилиндра (рис. 3.4, б), если известно, что масса груза  $m = 2000 \text{ кг}$ ; давление в штоковой полости верхнего гидроцилиндра  $p_1 = 5$  атм;  $H = 10 \text{ м}$  площади рабочих полостей  $S_1 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 7 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 60 \text{ см}^3$ ;  $S_4 = 10 \text{ см}^2$ .

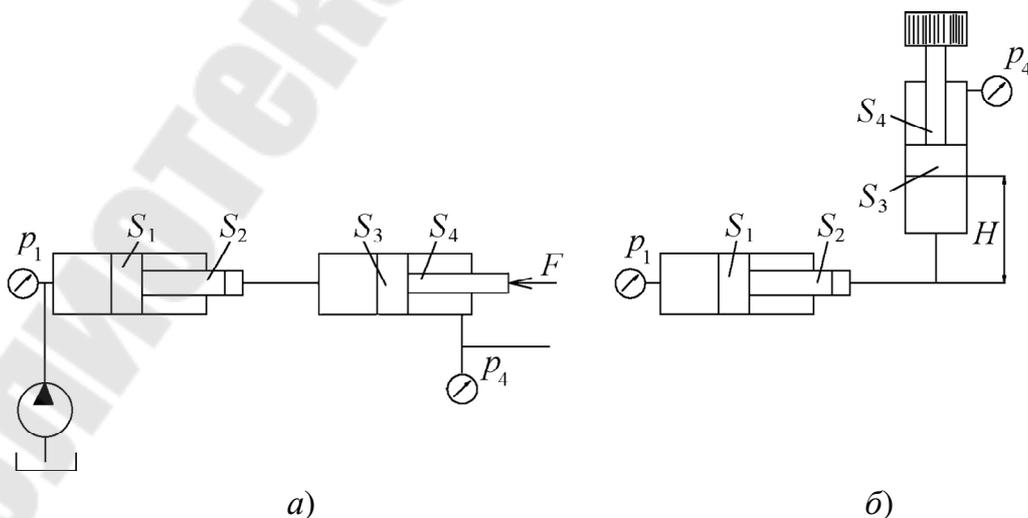


Рис. 3.4. Схемы гидроприводов к задачам 3.12–3.17

3.18. Определить давление, развиваемое насосом  $p_1$  (рис. 3.5, а), если известно, что давление на выходе системы  $p_3 = 10 \text{ кгс/см}^2$  и площади рабочих полостей  $S_1 = 60 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 110 \text{ см}^2$ .

3.19. Определить давление на выходе системы  $p_3$  (рис. 3.5, а), если известно, что давление, развиваемое насосом,  $p_1 = 20 \text{ кгс/см}^2$  и площади рабочих полостей  $S_1 = 60 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 20 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 110 \text{ см}^2$ .

3.20. Определить массу груза  $m$  (рис. 3.5, б), если известно, что давление в штоковой полости гидроцилиндра  $p_1 = 12 \text{ атм}$ ; усилие, действующее на шток,  $F = 500 \text{ Н}$ ; площади рабочих полостей  $S_1 = 10 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 7 \text{ см}^2$ .

3.21. Определить давление  $p_1$  в штоковой полости гидроцилиндра (рис. 3.5, б), если известно, что масса груза  $m = 100 \text{ кг}$ ; усилие, действующее на шток,  $F = 60 \text{ кН}$ ; площади рабочих полостей  $S_1 = 10 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 7 \text{ см}^2$ .

3.22. Определить усилие, действующее на шток,  $F$  (рис. 3.5, б), если известно, что масса груза  $m = 100 \text{ кг}$ ; давление в штоковой полости гидроцилиндра  $p_1 = 12 \text{ атм}$ ; площади рабочих полостей  $S_1 = 10 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 75 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 7 \text{ см}^2$ .

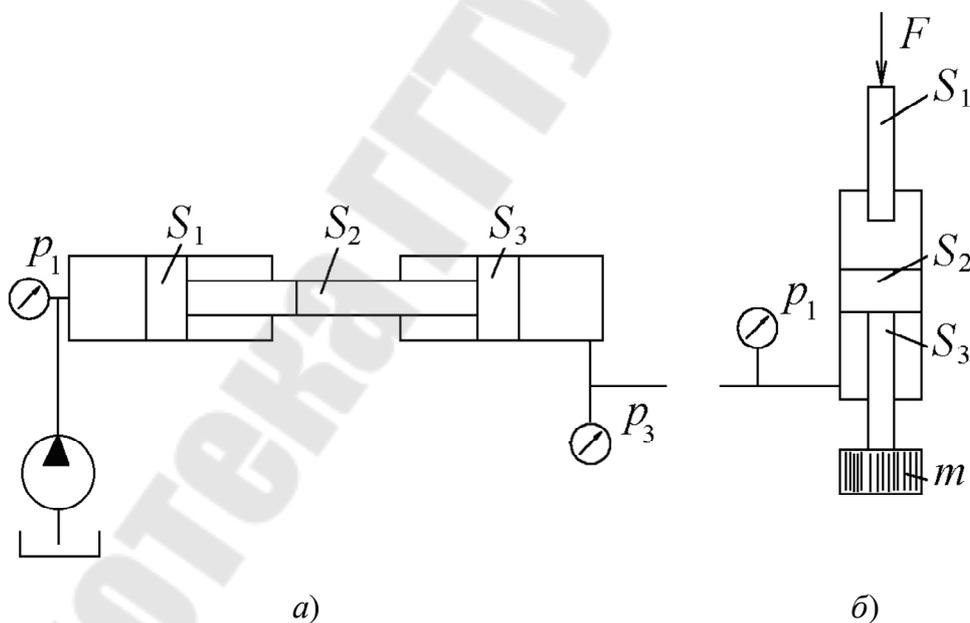


Рис. 3.5. Схемы гидроприводов к задачам 3.18–3.22

3.23. Определить силу, приложенную к штоку правого цилиндра,  $F$  (рис. 3.6), если известно, что давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра,  $p_1 = 1 \text{ атм}$ ; давление на выходе из системы  $p_4 = 5 \text{ кгс/см}^2$ ;  $H = 10 \text{ м}$ ; площади  $S_1 = 160 \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 80 \text{ см}^2$ ;  $S_3 = 60 \text{ см}^2$ ;  $S_4 = 120 \text{ см}^2$ ;  $S_5 = 20 \text{ см}^2$ .

3.24. Определить давление  $p_1$ , подаваемое в поршневую полость левого цилиндра (рис. 3.6), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра  $F = 20$  кН; давление на выходе из системы  $p_4 = 10$  кгс/см<sup>2</sup>;  $H = 5$  м; площади  $S_1 = 160$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 80$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 120$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 20$  см<sup>2</sup>.

3.25. Определить давление  $p_4$  на выходе из системы (рис. 3.6), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F = 10$  кН; давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра  $p_1 = 10$  МПа;  $H = 10$  м; площади  $S_1 = 160$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 80$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 120$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 20$  см<sup>2</sup>.

3.26. Определить высоту  $H$  (рис. 3.6), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F = 10$  кН; давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра,  $p_1 = 10$  МПа; давление на выходе из системы  $p_4 = 10$  кгс/см<sup>2</sup>; площади  $S_1 = 160$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 80$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 120$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 20$  см<sup>2</sup>.

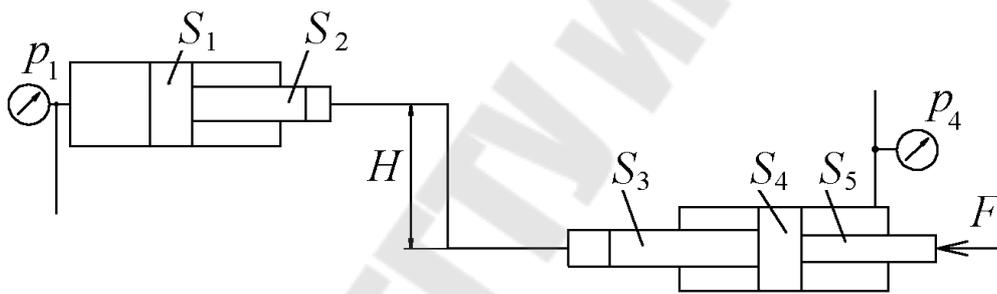


Рис. 3.6. Схема гидропривода к задачам 3.23–3.26

3.27. Определить силу, приложенную к штоку правого цилиндра,  $F_2$  (рис. 3.7), если известно, что давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра,  $p_1 = 3$  МПа; давление на выходе из системы  $p_4 = 20$  кгс/см<sup>2</sup>; площади  $S_1 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 17$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 70$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 10$  см<sup>2</sup> и усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F_1 = 1$  кН.

3.28. Определить силу, приложенную к штоку левого цилиндра,  $F_1$  (рис. 3.7), если известно, что давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра,  $p_1 = 40$  МПа; давление на выходе из системы  $p_4 = 300$  кгс/см<sup>2</sup>; площади  $S_1 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 17$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 70$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 10$  см<sup>2</sup> и усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F_2 = 1$  кН.

3.29. Определить давление  $p_1$ , подаваемое в поршневую полость левого цилиндра (рис. 3.7), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F_1 = 10$  кН; давление на выходе из системы  $p_4 = 200$  кгс/см<sup>2</sup>; площади  $S_1 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 17$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 70$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 10$  см<sup>2</sup> и усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F_2 = 1$  кН.

3.30. Определить давление  $p_4$  на выходе из системы (рис. 3.7), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F_1 = 10$  кН; давление, подаваемое в поршневую полость левого цилиндра,  $p_1 = 500$  кгс/см<sup>2</sup>; площади  $S_1 = 60$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 17$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 70$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 10$  см<sup>2</sup> и усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F_2 = 1$  кН.

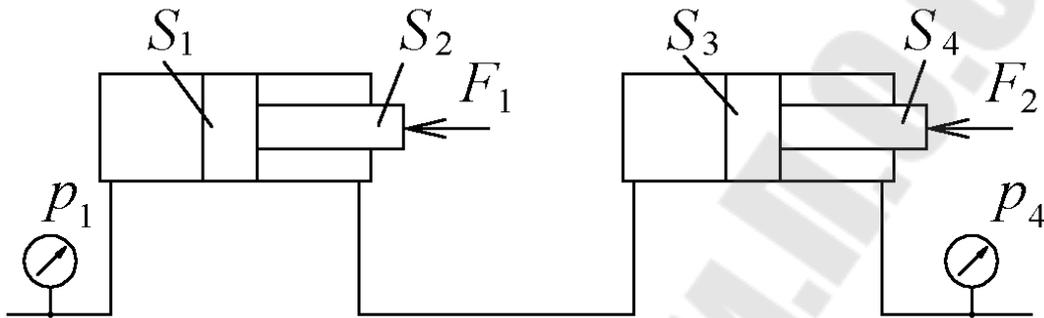


Рис. 3.7. Схема гидропривода к задачам 3.27–3.30

3.31. Определить массу груза  $m$  (рис. 3.8), если известно, что усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F = 10$  кН; давление в поршневой полости правого гидроцилиндра  $p_5 = 10$  МПа;  $H = 5$  м; площади рабочих полостей  $S_1 = 10$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 8$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 60$  см<sup>2</sup>.

3.32. Определить усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F$  (рис. 3.8), если известно, что масса груза  $m = 1000$  кг; давление в поршневой полости правого гидроцилиндра  $p_5 = 50$  кгс/см<sup>2</sup>;  $H = 10$  м; площади рабочих полостей  $S_1 = 10$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 8$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 60$  см<sup>2</sup>.

3.33. Определить давление  $p_5$  в поршневой полости правого гидроцилиндра (рис. 3.8), если известно, что масса груза  $m = 1000$  кг; усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F = 10$  кН;  $H = 10$  м; площади рабочих полостей  $S_1 = 10$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 8$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 60$  см<sup>2</sup>.

3.34. Определить высоту  $H$  (рис. 3.8), если известно, что усилие, приложенное к штоку левого гидроцилиндра,  $F = 0,8$  кН; давление в поршневой полости правого гидроцилиндра  $p_5 = 10$  МПа;  $H = 10$  м; масса груза  $m = 1000$  кг; площади рабочих полостей  $S_1 = 10$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 75$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 8$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 60$  см<sup>2</sup>.



$m = 100$  кг; площади рабочих полостей  $S_1 = 20$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 80$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 120$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 20$  см<sup>2</sup>.

3.40. Определить силу  $F_1$ , приложенную к штоку левого цилиндра (рис. 3.9), если известно, что сила, приложенная к штоку правого цилиндра,  $F_2 = 30$  кН;  $H = 8$  м; давление на выходе из системы  $p_5 = 10$  кгс/см<sup>2</sup>, давление на входе в систему  $p_1 = 30$  кгс/см<sup>2</sup>; масса груза  $m = 100$  кг; площади рабочих полостей  $S_1 = 20$  см<sup>2</sup>;  $S_2 = 80$  см<sup>2</sup>;  $S_3 = 12$  см<sup>2</sup>;  $S_4 = 120$  см<sup>2</sup>;  $S_5 = 20$  см<sup>2</sup>.

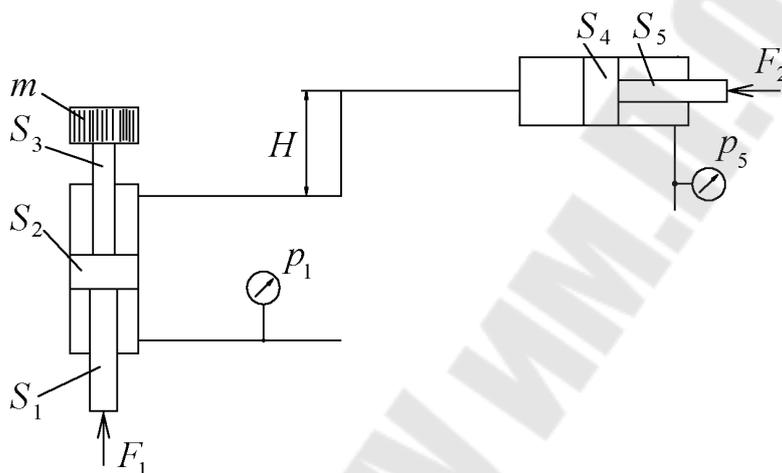


Рис. 3.9. Схема гидропривода к задачам 3.35–3.40

#### Тема 4. Расчет простого гидропривода

Объемным гидроприводом называется привод, в состав которого входит гидравлический механизм, в котором рабочая среда (жидкость) находится под давлением, с одним или более объемными гидродвигателями. Простейший объемный гидропривод, как правило, включает в себя насос, гидродвигатель (гидроцилиндр или гидромотор), гидроаппаратуру (гидроклапаны, гидродроссели, гидрораспределители), соединенные гидролиниями, и вспомогательные устройства (фильтры, баки, теплообменники и др.). По характеру движения выходного звена различают объемные гидроприводы поступательного, вращательного и поворотного движения (см. рис. 4.5).

При работе различных машин возникает необходимость изменять скорость движения их рабочих органов, что делает целесообразным применение гидропривода с управлением, которое может осуществляться тремя способами: дроссельным, машинным (объемным), а также их комбинацией. При дроссельном управлении часть жидкости, подаваемой насосом, отводится в сливную линию и не совершает по-

лезной работы. В гидроприводе с машинным управлением изменение скорости выходного звена осуществляется изменением рабочего объема насоса или гидромотора.

При последовательном включении дросселя (см. рис. 4.6, *а*) предусматривается переливной клапан, который поддерживает в нагнетательном трубопроводе постоянное давление путем непрерывного слива рабочей жидкости. В этом случае расход жидкости, поступающей в гидроцилиндр, равен расходу жидкости через дроссель:

$$Q = Q_{др} = \mu \cdot S_{др} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (p_1 - p_2)},$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;  $S_{др}$  – площадь проходного отверстия дросселя;  $p_1$  и  $p_2$  – давление соответственно перед дросселем и за ним.

Если пренебречь потерями давления в гидролинии и в гидрораспределителе (см. рис. 4.6, *а*), то давление  $p_2$  можно определить по формуле

$$p_2 = F / S_{п},$$

где  $F$  – усилие на штоке гидроцилиндра;  $S_{п}$  – площадь поршневой полости.

Следовательно, средняя скорость перемещения поршня гидроцилиндра определится по формуле

$$v_{п} = \frac{Q}{S_{п}} = \mu \cdot \frac{S_{др}}{S_{п}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left( p_1 - \frac{F}{S_{п}} \right)}.$$

Отсюда видно, что скорость поршня зависит от площади проходного сечения дросселя и усилия на штоке.

Возможна также последовательная установка дросселя на выходе после гидродвигателя (см. рис. 4.6, *б*). Как и в предыдущей схеме, давление  $p_1$  в нагнетательной гидролинии поддерживается постоянным с помощью переливного клапана. Скорость поршня в этом случае равна

$$v_{п} = \frac{Q}{S_{п}} = \mu \cdot \frac{S_{др}}{S_{п}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \left( p_1 \pm \frac{F}{S_{п}} \right)}.$$

Машинное управление гидроприводом характерно тем, что изменение скорости выходного звена достигается изменением рабочего объема насоса, либо гидродвигателя, либо одновременно изменением рабочего объема того и другого. В этом случае при отсутствии утечек справедливы соотношения:

$$Q_H = Q_M; \quad V_{0H} \cdot n_H = V_{0M} \cdot n_M,$$

где  $Q_H$  – подача насоса;  $Q_M$  – расход через гидромотор;  $V_{0H}$  и  $V_{0M}$  – рабочие объемы насоса и гидромотора;  $n_H$  и  $n_M$  – частоты вращения насоса и гидромотора.

Давление в такой системе изменяется в зависимости от нагрузки гидромотора:

$$p_H = \Delta p_{ГМ} + \Delta p_{тр} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{M_{ГМ}}{V_{0M}} + \Delta p_{тр},$$

где  $\Delta p_{ГМ}$  и  $M_{ГМ}$  – перепад давления и крутящий момент на валу гидромотора;  $\Delta p_{тр}$  – потери давления на трение в трубопроводах.

Мощность, потребляемая гидроцилиндром, определяется по формуле

$$N_{ц} = \frac{F \cdot v_{п}}{\eta_{ц}},$$

где  $\eta_{ц}$  – полный КПД гидроцилиндра.

Мощность мотора определяется по формуле

$$N_M = \frac{M \cdot \omega}{\eta_{ГМ}},$$

где  $\omega = \pi \cdot n_M / 30$  – угловая скорость вала гидромотора;  $\eta_{ГМ}$  – полный КПД гидромотора.

Общий (полный) КПД гидропривода определяется как отношение полезной мощности  $N_{п}$  (мощности гидродвигателя) к затраченной мощности  $N$  (мощность, потребляемая насосом):

$$\eta_{общ.пр} = \frac{N_{п}}{N} \cdot 100, \%$$

Затрачиваемая мощность определяется по фактическим параметрам насоса:

$$N = \frac{Q_H \cdot P_H}{\eta_H}, \text{ Вт},$$

где  $\eta_H$  – общий КПД насоса, принимается по его техническим характеристикам.

## Задачи

4.1. Определить силу  $F_H$  (рис. 4.1), которую необходимо приложить к поршню диаметром  $D_H = 80$  мм, чтобы обеспечить перемещение поршня в гидроцилиндре со скоростью  $v_{пц} = 6$  см/с. Диаметр гидроцилиндра  $D_{ц} = 80$  мм; внешнее усилие  $F_{ц}$ . Длина трубопровода  $l = 30$  м, диаметр  $d = 10$  мм. На трубопроводе установлен дроссель, коэффициент гидравлического сопротивления которого  $\zeta_{др} = 3$ . Коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 6$  сСт; плотность  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>. Трубопровод считать гидравлически гладким.

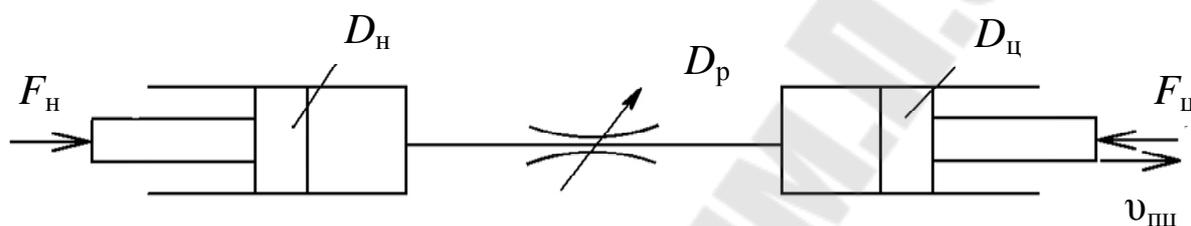


Рис. 4.1. Схема гидропривода к задаче 4.1

### Исходные данные к задаче 4.1

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{ц}$ , кН	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2

4.2. Определить подачу насоса  $Q_H$  и давление нагнетания  $P_H$ , чтобы обеспечить перемещение поршня в гидроцилиндре (рис. 4.2) со скоростью  $v_{п.ц} = 20$  см/с. Диаметр гидроцилиндра  $D_{ц} = 100$  мм; внешнее усилие  $F_{ц}$ . Длина трубопровода  $l = 100$  м, диаметр  $d = 20$  мм. Параметры рабочей жидкости: коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 10$  сСт; плотность  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент гидравлического трения трубопровода  $\lambda = 0,03$ . Определить режим движения жидкости в трубопроводе.



Рис. 4.2. Схема гидропривода к задаче 4.2

### Исходные данные к задаче 4.2

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F_{ц}, \text{кН}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0

4.3. Рабочая жидкость (коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 30 \text{ сСт}$ ; плотность  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ) поступает в гидроцилиндр по трубопроводу длиной  $l$  с внутренним диаметром  $d = 10 \text{ мм}$ . Подача жидкости  $Q = 0,45 \text{ л/с}$ . Определить потери давления в трубопроводе. Как изменятся потери давления в трубопроводе при нагревании жидкости, когда ее вязкость станет равной  $\nu = 10 \text{ сСт}$ . Трубопровод считать гидравлически гладким.

### Исходные данные к задаче 4.3

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l, \text{м}$	2	5	8	10	15	18	20	22	25	30

4.4. Определить силу  $F$  (рис. 4.3), которую нужно приложить к поршню насоса диаметром  $D$ , чтобы подавать в бак постоянный расход масла  $Q$  (коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 0,1 \text{ Ст}$ ; плотность  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ ). Высота подъема жидкости  $H_0$ . Избыточное давление в напорном баке  $p_0 = 0,15 \text{ МПа}$ . Длина трубопровода  $l = 50 \text{ м}$ , диаметр  $d = 50 \text{ мм}$ . Абсолютная шероховатость трубопровода  $\Delta = 0,05 \text{ мм}$ . Коэффициент сопротивления вентиля  $\zeta = 0,6$ . Остальные местные потери не учитывать.

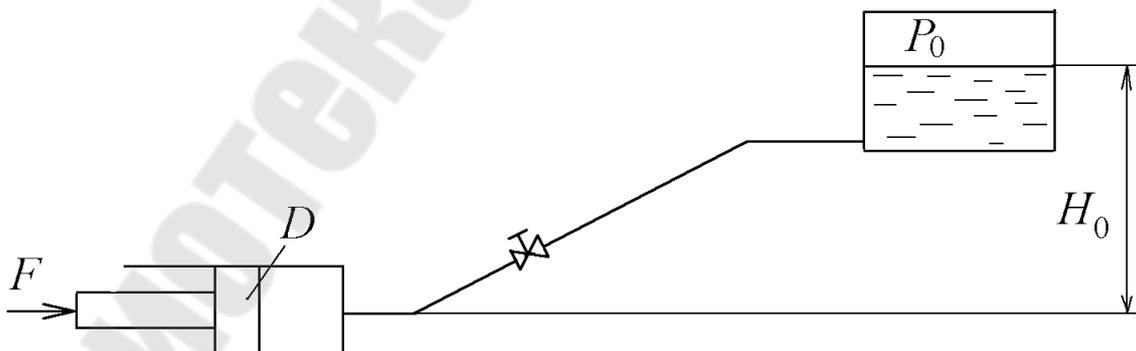


Рис. 4.3. Схема к задаче 4.4

#### Исходные данные к задаче 4.4

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D$ , мм	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
$Q$ , л/с	5	7	10	10	12	14	18	24	28	32
$H_0$ , м	25	20	20	18	16	14	10	14	16	18

4.5. По горизонтальному трубопроводу длиной  $L$  перекачивается нефть (коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 0,2$  Ст; плотность  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>). Массовый расход  $M$ . Падение давления в трубопроводе не должно превышать  $\Delta p = 2$  МПа. Абсолютная шероховатость трубопровода  $\Delta = 0,1$  мм. Определить диаметр трубы.

#### Исходные данные к задаче 4.5

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L$ , км	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$M$ , т/час	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120

4.6. Определить подачу насоса и давление в его выходном сечении при заданной силовой нагрузке гидроцилиндра  $F$  и его скорости штока  $v_{\text{шт}} = 0,15$  м/с (рис. 4.4, а). Какую мощность насос передает маслу, если коэффициент сопротивления всасывающего патрубка  $\zeta_{\text{вс}} = 1,2$ ? Коэффициент вязкости жидкости  $\nu = 10$  сСт; плотность  $\rho = 880$  кг/м<sup>3</sup>. Диаметр соединительных трубок  $d = 1,4$  см, их длина  $l = 10$  м; диаметр штока  $d_{\text{шт}} = 0,3 \cdot D$ ;  $D$  – диаметр поршня.

#### Исходные данные к задаче 4.6

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	15	6	10	4	5	8	10	12	17	20
$D$ , мм	60	50	40	32	25	36	45	55	70	80

4.7. Определить скорость перемещения штока гидроцилиндра (выдвижения и движения вовнутрь), если подача насоса  $Q_{\text{н}}$ . Определить расходы жидкости идущей на слив из гидроцилиндра при выдвижении штока и движения его во внутрь (рис. 4.4, б). Диаметр поршня  $D = 100$  мм, диаметр штока  $d_{\text{шт}} = 60$  мм.

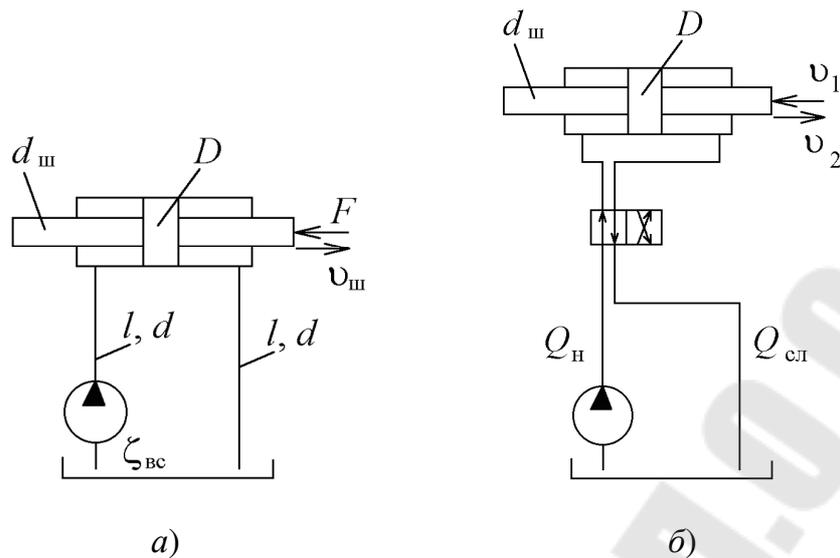


Рис. 4.4. Схемы гидроприводов к задачам 4.6 и 4.7

#### Исходные данные к задаче 4.7

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_n$ , л/мин	20	30	40	50	60	70	80	100	120	150

4.8. Напорная гидролиния объемного гидропривода имеет длину  $l = 4,8$  м, диаметр  $d = 20$  мм, сливная –  $l_1 = 3,5$  м, диаметр  $d_1 = 32$  мм (рис. 4.5, а), подача насоса  $Q$ , рабочая жидкость – масло промышленное ИС-30 ( $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>).

Пренебрегая утечками жидкости в гидроаппаратуре, построить график зависимости потерь давления в обеих гидролиниях от температуры рабочей жидкости. В расчетах учесть местные сопротивления колен  $\zeta_k = 0,5$ ; распределителя  $\zeta_p = 2$  и фильтра  $\zeta_f = 12$ .

#### Исходные данные к задаче 4.8

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_n$ , л/мин	40	63	52	81	76	49	45	56	74	96

4.9. Скорость движения поршня гидроцилиндра регулируется с помощью дросселя, проходное сечение которого в данный момент равно  $S = 40$  мм<sup>2</sup>, а коэффициент расхода  $\mu = 0,65$ . Диаметр поршня  $D = 80$  мм, его ход  $h = 360$  мм. Определить время движения поршня, если усилие на штоке  $F$ , давление перед дросселем  $p_1 = 1,3$  МПа. Жидкость – масло АМГ-10 ( $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>). Потерями давления в гидролинии между дросселем и гидроцилиндром пренебречь.

### Исходные данные к задаче 4.9

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,8

4.10. Жидкость ( $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ ) через дроссель подается в поршневую полость гидроцилиндра диаметром  $D = 100 \text{ мм}$ . Определить давление жидкости перед дросселем, при котором поршень будет перемещаться со скоростью  $v_{\text{пш}} = 5 \text{ см/с}$ , если усилие на штоке  $F$ , проходное сечение дросселя  $S_{\text{др}} = 8 \text{ мм}^2$ , а коэффициент расхода  $\mu = 0,66$  (рис. 4.5, б). Объемный КПД гидроцилиндра  $\eta_o = 0,98$ . Трением поршня в гидроцилиндре и давлением в штоковой полости пренебречь.

### Исходные данные к задаче 4.10

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0

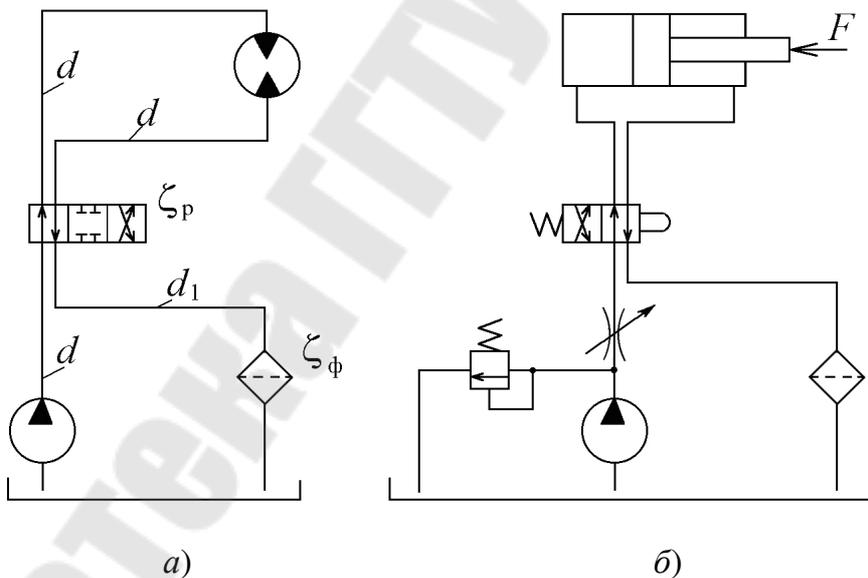


Рис. 4.5. Схемы гидроприводов к задачам 4.8–4.10

4.11. В гидроприводе с машинным управлением (рис. 4.6, а) применен регулируемый аксиально-поршневой насос, характеризующийся следующими параметрами: количество поршней  $z = 7$ , диаметры поршней  $d = 15 \text{ мм}$ , диаметр окружности цилиндров  $D = 40 \text{ мм}$ , частота вращения  $n = 960 \text{ об/мин}$ , угол наклона диска  $\gamma = 0\text{--}30^\circ$ .

Построить график изменения скорости перемещения поршня гидроцилиндра в зависимости от угла  $\gamma$ , если диаметр гидроцилиндра  $D_1$ , диаметр штока  $d_{шт}$ . Утечками жидкости пренебречь.

**Исходные данные к задаче 4.11**

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_1$ , мм	40	50	63	63	80	80	100	100	110	125
$d_{шт}$ , мм	18	22	28	40	36	50	45	63	50	56

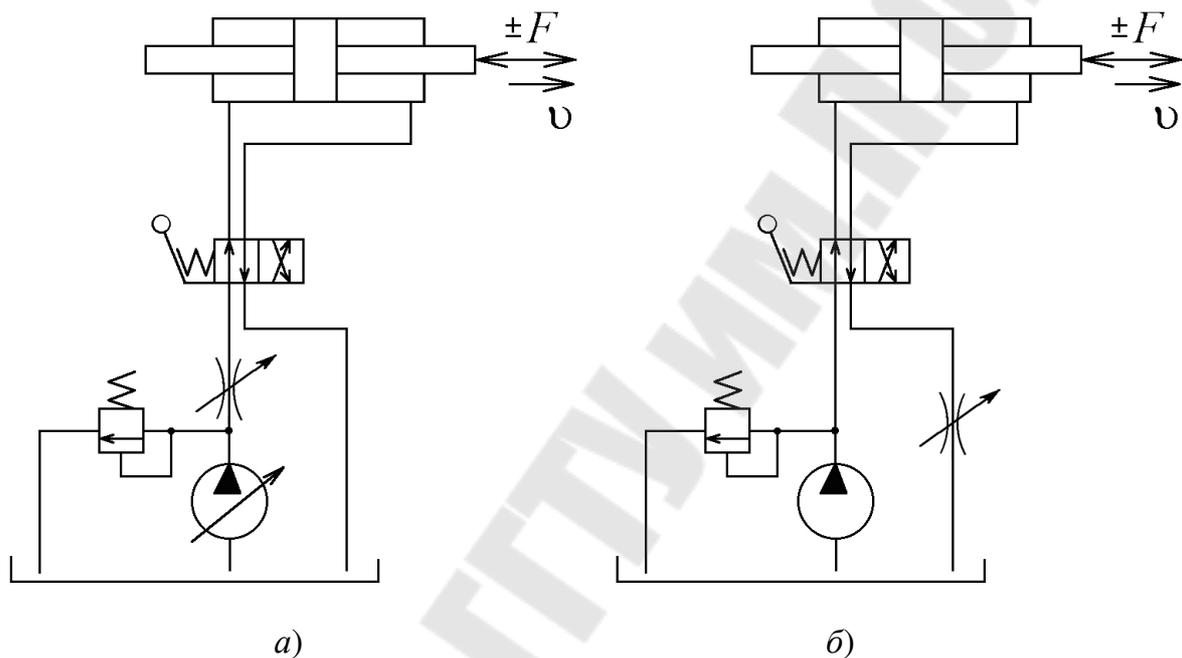


Рис. 4.6. Схемы гидроприводов к задаче 4.11

4.12. Определить КПД объемного гидропривода (рис. 4.7, а), насос которого развивает давление  $p_n = 9,5$  МПа при подаче  $Q_n = 1,2$  л/с и КПД  $\eta = 0,80$ ; а аксиально-поршневой мотор имеет следующие параметры: частота вращения  $n = 1100$  об/мин, диаметры цилиндров  $d = 16$  мм, количество цилиндров  $z = 12$ , диаметр окружности центров цилиндров  $D = 82$  мм, угол наклона диска  $\gamma = 20^\circ$ , механический КПД  $\eta_{гм} = 0,85$ . Напорная гидролиния имеет длину  $l_n$ , диаметр  $d_n = 21$  мм, сливная –  $l_c$ , диаметр  $d_c = 33$  мм. Жидкость – масло промышленное ИС-30 при температуре  $50^\circ\text{C}$  ( $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>). Потери давления на местных сопротивлениях принять равными 90 % от потерь на трение.

#### Исходные данные к задаче 4.12

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_n$ , м	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
$l_c$ , м	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5

4.13. Определить мощность и КПД объемного гидропривода поступательного движения (рис. 4.5, б), если гидроцилиндр имеет диаметр  $D$ , механический КПД гидроцилиндра  $\eta_m = 0,96$ , объемный КПД гидроцилиндра  $\eta_o = 0,99$ . Насос имеет подачу  $Q_n = 1,1$  л/с, КПД  $\eta = 0,85$  и развивает давление  $p_n = 1,6$  МПа. Напорная гидролиния имеет длину  $l_n = 6$  м, диаметр  $d_n = 19,2$  мм; сливная –  $l_c = 10$  м, диаметр  $d_c = 24$  мм; всасывающая –  $l_{bc} = 2$  м, диаметр  $d_{bc} = 39$  мм. Жидкость – масло турбинное Т-30 при температуре  $50$  °С ( $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>).

#### Исходные данные к задаче 4.13

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D$ , мм	80	100	110	125	140	160	180	200	220	250

4.14. Регулирование скорости вращения вала гидромотора осуществляется дросселем, установленным последовательно в напорной гидролинии (рис. 4.7, а). Определить минимальную частоту вращения вала гидромотора из условия допустимой потери мощности в гидроклапане  $N_{кл}$ , установленном параллельно насосу, если давление нагнетания насоса  $p_n = 6,3$  МПа, его подача  $Q_n = 30$  л/мин, рабочий объем гидромотора  $V_0 = 22,8$  см<sup>3</sup>, его объемный КПД  $\eta_o = 0,95$ .

#### Исходные данные к задаче 4.14

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_{кл}$ , кВт	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0

4.15. Насос, работающий в составе объемного гидропривода вращательного движения (рис. 4.7, а), имеет подачу  $Q_n$  и давление  $p_n = 4,23$  МПа. Определить частоту вращения вала гидромотора с рабочим объемом  $V_0 = 46$  см<sup>3</sup> и КПД гидропривода, если крутящий момент на валу гидромотора  $M = 30$  Н · м; объемные КПД насоса и гидромотора равны  $\eta_{o,n} = 0,96$ ,  $\eta_{o,m} = 0,95$ ; механические КПД насоса и гидромотора равны  $\eta_{m,n} = 0,98$ ,  $\eta_{m,m} = 0,97$ ; потери давления в гидролиниях и гидроаппаратах  $\Delta p = 54$  кПа.

### Исходные данные к задаче 4.15

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_n$ , л/мин	5,8	9,7	12,7	15	19,4	27,9	33	35,7	36,9	53,8

4.16. В объемном гидроприводе вращательного движения с дроссельным управлением гидродроссель установлен на выходе (рис. 4.7, б). Частота вращения гидромотора  $n = 1600$  об/мин, момент на валу  $M$ , рабочий объем  $V_{0м}$ , механический КПД  $\eta_{м.м}$ , объемный –  $\eta_{о.м}$ . Потери давления в золотниковом гидрораспределителе  $\Delta p_p = 0,2$  МПа; дросселе  $\Delta p_{др} = 0,5$  МПа; фильтре  $\Delta p_{ф} = 0,1$  МПа. Потери давления в трубопроводах составляют 5 % перепада давления в гидромоторе. Подача насоса на 10 % больше расхода гидромотора, КПД насоса  $\eta = 0,88$ . Определить КПД гидропривода.

### Исходные данные к задаче 4.16

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M$ , Н · м	22	44	115	179	370	600	940	1500	2380	3780
$V_{0м}$ , см <sup>3</sup>	16	32	80	125	100	160	250	400	630	1000
$\eta_{м.м} / \eta_{о.м}$	0,9/0,94	0,9/0,98	0,92/0,98	0,92/0,98	0,95/0,95					

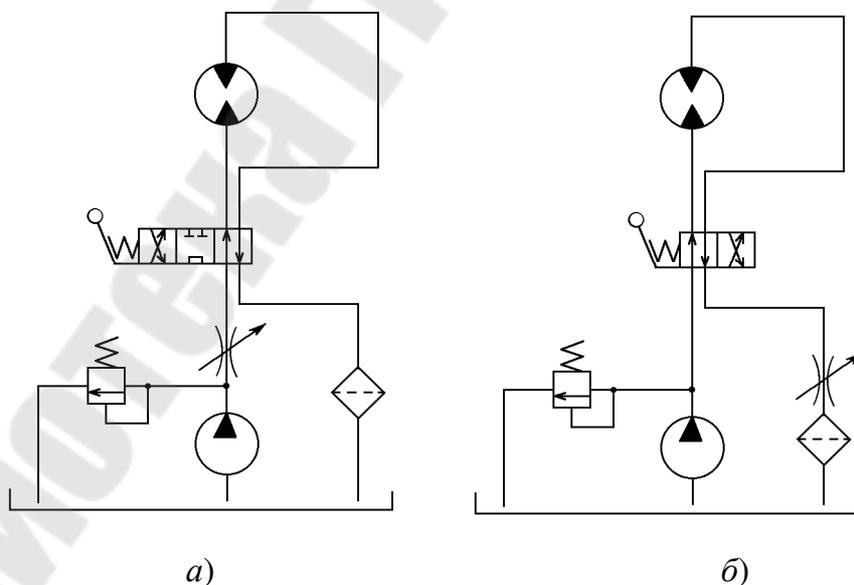


Рис. 4.7. Схемы гидроприводов к задачам 4.12–4.16

4.17. Определить мощность, потребляемую насосом объемного гидропривода с дроссельным регулированием (рис. 4.8, а), потери

мощности из-за слива масла через клапан и КПД гидропривода, если усилие на штоке гидроцилиндра  $F$ , потери давления в напорной линии при движении поршня вправо  $\Delta p_{\text{п}} = 0,2$  МПа, расход масла через клапан  $Q_{\text{кл}} = 1,55$  л/мин, механический и объемный КПД гидроцилиндра  $\eta_{\text{м}} = 0,97$ ,  $\eta_{\text{о}} = 1$ ; КПД насоса  $\eta_{\text{н}} = 0,80$ . Диаметр поршня  $D = 125$  мм, диаметр штока  $d = 63$  мм. Дроссель настроен на пропуск расхода  $Q_{\text{др}} = 12$  л/мин. Утечками масла в гидроаппаратуре пренебречь.

#### Исходные данные к задаче 4.17

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	20	30	41	50	55	60	63	70	74	81

4.18. Насос объемного гидропривода с дроссельным регулированием (рис. 4.8, б) развивает давление  $p_{\text{н}} = 10$  МПа и постоянную подачу, при которой максимальная частота вращения вала гидромотора  $n = 2200$  об/мин. Определить потери мощности из-за слива рабочей жидкости через клапан при частоте вращения вала гидромотора  $n_1 = 1500$  об/мин, если рабочий объем гидромотора  $V_0 = 20$  см<sup>3</sup>, а его объемный КПД  $\eta_{\text{о}} = 0,97$ .

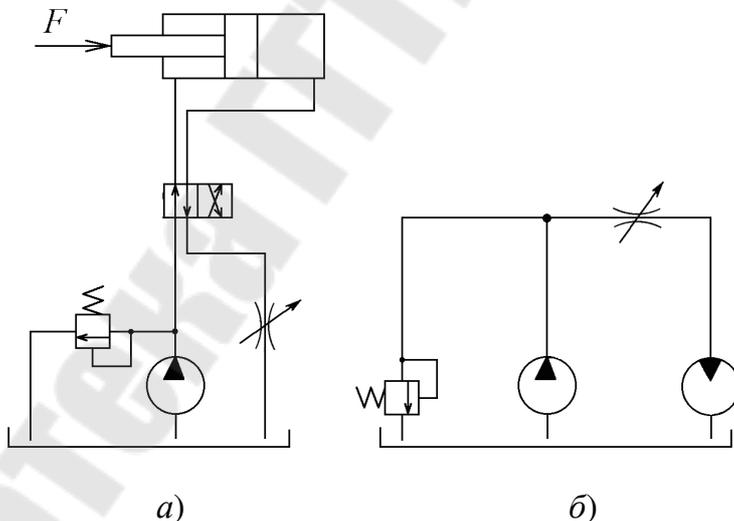


Рис. 4.8. Схемы гидроприводов к задачам 4.17 и 4.18

#### Исходные данные к задаче 4.18

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p_{\text{н}}$ , МПа	5	6,3	10	12,5	14	16	18	20	21	25

4.19. Насос объемного гидропривода (рис. 4.9, а) развивает давление  $p_n = 7,5$  МПа и постоянную подачу  $Q_n = 50$  л/мин. Поршни гидроцилиндров ( $D = 160$  мм,  $d = 80$  мм) перемещаются вверх с одинаковой скоростью.

Определить скорость движения поршней и потери из-за слива через гидроклапан, если гидродроссель настроен на пропуск расхода  $Q_{др}$ , а объемные КПД гидроцилиндров  $\eta_o = 0,99$ . Утечками масла в гидроаппаратуре пренебречь.

#### Исходные данные к задаче 4.19

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{др}$ , л/мин	7,2	8,1	9,4	10,6	11,3	12,5	13,7	14,9	15,8	16,0

4.20. Вал гидромотора 1 с рабочим объемом  $V_{o1} = 25$  см<sup>3</sup> вращается с частотой  $n_1 = 800$  об/мин. Определить частоту вращения вала гидромотора 2 (рис. 4.11, б) с рабочим объемом  $V_{o2} = 32$  см<sup>3</sup>, если подача насоса  $Q_n = 42$  л/мин, утечки масла в гидроаппаратуре  $q = 5$  см<sup>3</sup>/с, а объемные КПД обоих гидромоторов  $\eta_o = 0,98$ .

#### Исходные данные к задаче 4.20

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q$ , см <sup>3</sup> /с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

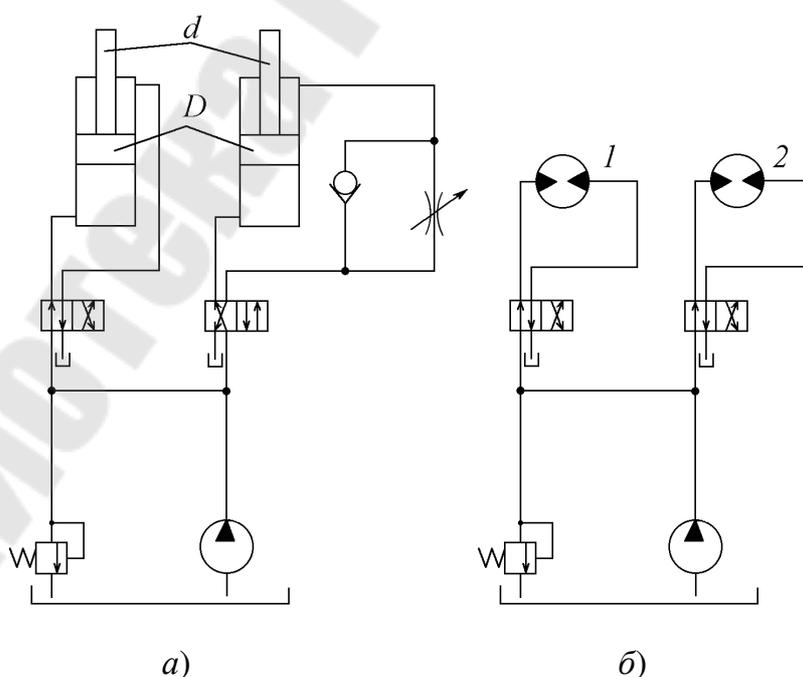


Рис. 4.9. Схемы гидроприводов к задачам 4.19 и 4.20

## Литература

1. Навроцкий, К. Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов : учеб. для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / К. Л. Навроцкий. – Москва : Машиностроение, 1991.

2. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы : справ. / В. К. Свешников, А. А. Усов. – Москва : Машиностроение, 2004. – (Сер. «Библиотека конструктора»).

3. Свешников, В. К. Гидрооборудование : междунар. кат. / В. К. Свешников. – Москва : Машиностроение, 1995.

4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / под общ. ред. Б. Б. Некрасова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Выш. шк., 1985. – 382 с.

## Приложение

### Условные графические обозначения элементов гидравлических систем

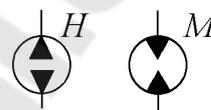
Гидробак, открытый под атмосферным давлением (рисуеться произвольно)



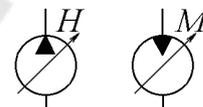
Насос и гидромотор постоянной производительности с одним направлением потока



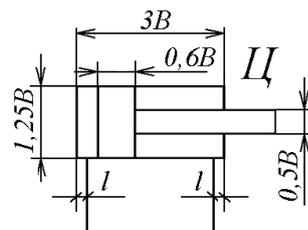
Реверсивные насос и гидромотор постоянной производительности



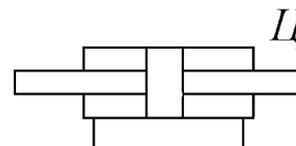
Насос и гидромотор с регулируемой производительностью



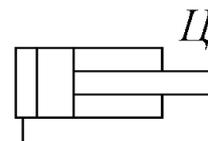
Гидроцилиндр с одним штоком и двумя рабочими полостями (двустороннего действия)



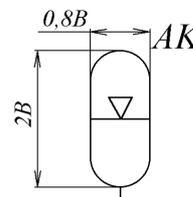
Двухштоковый гидроцилиндр двустороннего действия



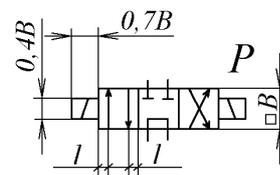
Гидроцилиндр с одним штоком одностороннего действия



Аккумулятор пневмогидравлический



Распределитель 4/3 с электромагнитным управлением, с соединением нагнетательной и сливной линий и запертыми отводами



Распределитель 4/2 с управлением от кулачка (механическим управлением) и пружинным возвратом



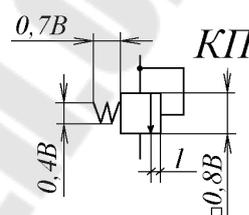
Распределитель 4/2 с управлением от рукоятки и пружинным возвратом



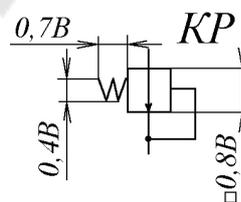
Распределитель 4/2 с гидравлическим управлением и пружинным возвратом



Клапан предохранительный прямого действия



Клапан редукционный прямого действия



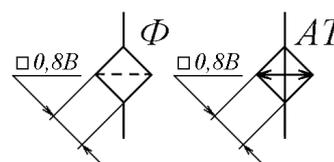
Клапан обратный



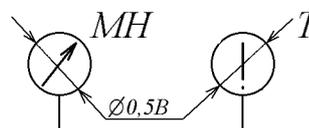
Регулируемый дроссель (рисуеться произвольно)



Фильтр и аппарат теплообменный (теплообменник)



Манометр и термометр



$B = 5; 10; 15; 20...$  – размер стороны распределителя, выбирается в зависимости от формата чертежа и насыщенности гидросхемы (чертеж должен занимать  $2/3$  всего формата).

$$l = 0,25 \cdot B.$$

## Содержание

Тема 1. Нормативно-технические документы.....	3
Тема 2. Построение гидравлических схем.....	6
Тема 3. Расчет устойчивого гидропривода.....	11
Тема 4. Расчет простого гидропривода.....	19
Литература.....	32
Приложение .....	33

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Андреевец Юлия Ахатовна**  
**Сериков Юрий Викторович**

## **ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ**

**Методические указания  
к контрольным работам  
для студентов специальности 1-36 01 07  
«Гидропневмосистемы мобильных  
и технологических машин»  
заочной формы обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *Н. В. Гладкова*  
Компьютерная верстка *М. В. Аникеенко*

Подписано в печать 16.03.10.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,98.

Изд. № 233.

E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.