

Министерство общего и профессионального образования Свердловской области  
государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Свердловской области  
**«Ирбитский мотоциклетный техникум» (ГАПОУ СО «ИМТ»)**

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

**23.02.03** Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

**МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП. 11 ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПРИВОДЫ**

**РАССМОТРЕНО**

На заседании цикловой комиссии  
ГАПОУ СО «ИМТ» специальности  
23.02.03 Техническое обслуживание и  
ремонт автомобильного транспорта  
Протокол № \_\_\_\_\_  
от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Председатель \_\_\_\_\_ Н.В. Сидорова

**МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОП. 11 Гидравлические и пневматические системы и приводы**  
**для специальности среднего профессионального образования**  
**23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта**

Разработчик: \_\_\_\_\_ А. Г. Яковлев, преподаватель ГАПОУ СО «ИМТ»  
(подпись)

Методическое сопровождение практических работ разработана на рабочей программы дисциплины ОП 11 Гидравлические и пневматические системы и приводы по специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, утвержденной приказом директора ГАПОУ СО «ИМТ» от 20 октября 2016 г.

В методическом сопровождении указываются тематика практических работ, виды самостоятельных работ, контрольные вопросы на которые студент должен дать ответы при защите практических работ, рекомендуемые учебные пособия.

ГАПОУ СО «ИМТ», г. Ирбит, 2017

**Содержание**

Пояснительная записка.....	4
Практическое занятие № 1.....	7
Практическое занятие № 3.....	9
Практическое занятие № 4.....	11
Практическое занятие № 5.....	14
Практическое занятие № 6.....	17
Практическая работа № 7.....	19
Справочные данные.....	21
Литература.....	22
Приложение.....	23

## Пояснительная записка

Данные методические указания предназначены для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по программе подготовки специалистов среднего звена дисциплины Гидравлические и пневматические системы для специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта.

В системе работы по восприятию и усвоению нового материала обучающимися широкое применение находит метод практических работ.

Практическая работа - это такой метод обучения, при котором студенты под руководством преподавателя и по заранее намеченному плану выполняют определенные практические задания и в процессе их воспринимают и осмысливают новый учебный материал.

Проведение практических работ с целью осмысления нового учебного материала включает в себя следующие методические приемы:

- 1) постановку темы занятий и определение задач практической работы;
- 2) определение порядка практической работы или отдельных ее этапов;
- 3) непосредственное выполнение практической работы обучающимися и контроль преподавателя за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;
- 4) подведение итогов практической работы и формулирование основных выводов.

Изложенное показывает, что практические работы как метод обучения во многом носят исследовательский характер, и в этом смысле высоко оцениваются в дидактике. Они пробуждают у студентов глубокий интерес к окружающей природе, стремление осмыслить, изучить окружающие явления, применять добытые знания к решению и практических, и теоретических проблем. Метод этот воспитывает добросовестность в выводах, трезвость мысли. Практические работы способствуют ознакомлению студентов с научными основами современного производства, выработке навыков обращения со справочной литературой, создавая предпосылки для технического обучения.

Одной из целей технического образования является развитие у студентов преобразующего мышления и творческих способностей, реализовать которые можно, используя метод проектов, где студенты включаются в творческую деятельность.

Практические занятия служат своеобразной формой осуществления связи теории с практикой. Структура практических занятий в основном одинакова — вступление преподавателя, вопросы студентов по материалу, который требует дополнительных разъяснений, собственно практическая часть, заключительное слово преподавателя. Разнообразие возникает в основной, собственно практической части, включающей рефераты, доклады, дискуссии, тренировочные упражнения, решение задач, наблюдения, эксперименты и т. д. Опыт показывает, что нельзя на практических занятиях ограничиваться выработкой только практических навыков, техникой решения задач, построения графиков и т. п. Студенты должны всегда видеть ведущую идею курса и связь ее с практикой. Цель занятий должна быть понятна не только преподавателю, но и студентам. Это придает учебной работе жизненный характер, утверждает необходимость овладения опытом профессиональной деятельности, связывает их с практикой жизни.

Студенты, как правило, отдают себе отчет в том, в какой мере им необходимы данные практические занятия для предстоящей профессиональной деятельности. Если студенты поймут, что все учебные возможности занятий исчерпаны, интерес к ним будет утрачен. Учитывая этот психологический момент, очень важно организовать занятия так, чтобы студенты постоянно ощущали рост сложности выполняемых заданий, что ведет к переживанию собственного успеха в учении и положительно мотивирует студента. Если же студенты замечают «топтание на месте», уровень мотивации может заметно снизиться.

Преподаватель проводит занятия так, чтобы все студенты были заняты напряженной творческой работой, поисками правильных и точных решений. Каждый студент должен получить возможность «раскрыться», проявить способности, поэтому при разработке плана занятий и индивидуальных заданий преподаватель должен учитывать подготовку и интересы каждого студента. Преподаватель при этом будет выступать в роли консультанта, наблюдающего за работой каждого студента и способного вовремя оказывать педагогически оправданную помощь, не подавляя самостоятельности и инициативы студента. При такой организации проведения занятий в аудитории не возникает мысли о том, что возможности занятий исчерпаны.

Самым распространенным среди практических методов является упражнение. Они бывают:

- интеллектуальными;
- общенаучными;
- профессиональными;
- производственными.

По степени самостоятельности упражнения бывают:

- воспроизводящими - учащиеся лишь воспроизводят объясненный преподавателем теоретический материал и практические действия;
- тренировочными - закрепление и углубление знаний путем применения их в новых условиях и формирование всех видов умений;
- творческими - требующими самостоятельных формулировок и выводов решения и рассмотрения вопросов.

Задачами выполнения практической работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;

В ходе выполнения практических работ по Гидравлическим и пневматическим системам и приводам у студентов формируются следующие общие и профессиональные компетенции:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**Профессиональных (ПК)**, т. е. техник по специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам деятельности (ВД):

ВД 1. Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта:

ПК 1.1. Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта.

ПК 1.2. Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств.

ПК 1.3. Разрабатывать технологические процессы ремонта узлов и деталей.

ВД 2. Организация деятельности коллектива исполнителей:

ПК 2.2. Контролировать и оценивать качество работы исполнителей работ.

ПК 2.3. Организовывать безопасное ведение работ при техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

### **Правила выполнения практических работ.**

1. Студент должен прийти на практическое занятие подготовленным к выполнению практической работы.

2. Каждый студент после проведения работы должен представить отчет о проделанной работе с анализом полученных результатов и выводом по работе.
3. Отчет о проделанной работе следует выполнять на листах формата А4 с одной стороны листа. Содержание отчета указано в описании практической работы.
4. Таблицы и рисунки следует выполнять с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля, и т.д.) карандашом с соблюдением ЕСКД.
5. В заголовках граф таблиц обязательно приводить буквенные обозначения в соответствии с ЕСКД.
6. Расчет следует проводить с точностью до двух значащих цифр.
7. Исправления проводить на обратной стороне листа. При мелких исправлениях неправильное слово (буква, число и т.п.) аккуратно зачеркивается и над ним пишут правильное пропущенное слово (букву, число и т.п.).
8. Вспомогательные расчеты можно выполнять на отдельных листах, а при необходимости на листах отчета.
9. Если студент не выполнит практическую работу или часть работы, то он выполнит ее во внеурочное время, согласованное с преподавателем.
10. Оценку по практической работе студент получает с учетом срока выполнения работы, если;
  - расчеты выполнены правильно и в полном объеме;
  - сделан анализ проделанной работы и вывод по результатам работы;
  - студент может пояснить выполнение любого этапа работы;
  - отчет выполнен в соответствии с требованиями к выполнению работы.

Зачет по практическим работам студент получает при условии выполнения всех предусмотренных программой работ после сдачи отчетов по работам при удовлетворительных оценках за ответы на контрольные вопросы во время практических работ или при получении зачёта.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

**Тема** « Физические свойства жидкости»

**Цель** – изучение устройства и принципа действия приборов для определения физических свойств жидкости.

**Задание:** изучить устройство и принцип действия ареометра и капиллярного вискозиметра.

### Краткие теоретические сведения

Плотность жидкости измеряется **ареометрами**.

Ареометр 2 общего назначения (рис.1) представляет собой стеклянный полый цилиндрический корпус с верхним стержнем. В нижней части корпуса ареометра размещен балласт (металлическая дробь).

Внутри стержня расположена шкала ареометра, проградуированная в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; значения плотности на шкале увеличиваются в направлении сверху в низ. В корпусах ареометров, предназначенных для определения плотности нефтепродуктов, встроены термометры со шкалами.

Метод определения плотности нефтепродуктов устанавливает ГОСТ 3900-85.

Сущность этого метода заключается в использовании закона Архимеда, по которому на погруженное в жидкость тело действует выталкивающая сила, зависящая от плотности жидкости.

Ареометр 2 (см. рис.1) погружают в стеклянный цилиндр 1, заполненный испытуемой рабочей жидкостью 3. Ареометр следует опускать в цилиндр медленно и осторожно, поддерживая его за стержень. Чем больше плотность жидкости, тем на меньшую глубину погружается ареометр. Когда ареометр перестает погружаться и начнет плавать, производят отсчет показания ареометра по верхнему краю мениска жидкости. По округленному значению температуры и плотности, определенной по шкале ареометра, находят плотность испытуемой жидкости при  $+20\text{ }^\circ\text{C}$  по таблице стандарта.

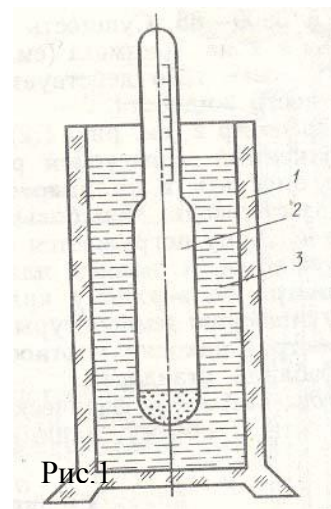


Рис.1

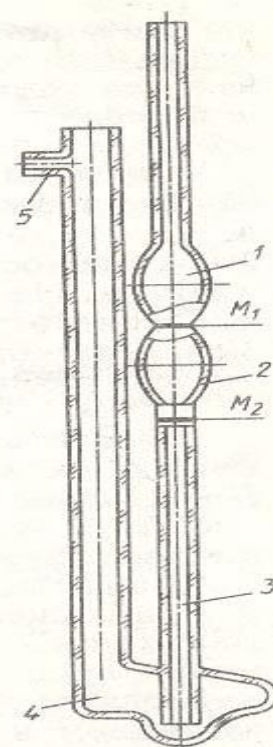
Вязкость жидкости измеряется **вискозиметрами**.

Сущность метода определения кинематической вязкости при помощи капиллярного вискозиметра (ГОСТ 33-82) заключается в измерении времени истечения определенного объема испытуемой рабочей жидкости через его капилляр под влиянием силы тяжести.

Капиллярный вискозиметр типа ВПЖТ-4 (рис2) представляет собой V-образную стеклянную трубку. Он имеет левое и правое колена, измерительный резервуар 2 между метками  $M_1$  и  $M_2$ , а также резервуары 1 и 4. На левом колене вверху имеется отводная трубка 5 для надевания резиновой трубки. Нижняя часть правого колена выполнена в виде капиллярной трубки 3.

Метод определения кинематической вязкости следующий. На отводную трубку 5 надевают резиновую трубку. Далее, зажав левое колено и перевернув вискозиметр, опускают правое колено в сосуд с испытуемой жидкостью и засасывают ее с помощью резиновой груши до метки  $M_2$ . Вынимают вискозиметр из сосуда и быстро возвращают в нормальное положение. Сливают из правого колена избыток жидкости и надевают на конец колена резиновую трубку. Вискозиметр устанавливают в термостат (баню) так, чтобы резервуар 1 был ниже уровня жидкости в термостате. После выдержки в термостате не менее 15 мин. Засасывают жидкость в правое колено примерно до 1/3 высоты резервуара 1. Затем отсоединяют резиновую трубку с правого колена, и жидкость под действием силы тяжести вытекает из резервуара 2 через капиллярную трубку 3. При этом определяют при помощи секундомера время  $T$  перемещения мениска жидкости от метки  $M_1$  до метки  $M_2$ .

Кинематическую вязкость ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) жидкости вычисляют по формуле



$$v = c \times \tau,$$

где  $c$  – постоянная вискозиметра,  $\text{мм}^2/\text{с}$  (определяют из паспорта);  $\tau$  - среднее арифметическое время истечения жидкости в вискозиметре, с.

### **Методика выполнения работы**

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия ареометра и капиллярного виско-зиметра
2. Ответить на контрольные вопросы

### **Содержание отчета**

1. Наименование практической работы, цель и задание
2. Эскизы ареометра и капиллярного вискозиметра
3. Краткое описание устройства и принципа действия ареометра и капиллярного вискозиметра

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется плотностью жидкости, и в каких размерных единицах она измеряется?
2. Что называется вязкостью жидкости, и в каких размерных единицах она измеряется?
3. Как влияет изменение температуры и давления на плотность и вязкость жидкости?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: «Роторные насосы»

**Цель занятия** - изучение устройства и принципа действия шестеренного насоса и построение одной из его характеристик.

### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия шестеренного насоса.
2. Построить графическую зависимость подачи шестеренного насоса  $Q$  от давления  $p$  ( $Q = f(p)$ ), при постоянной частоте вращения  $n = \text{const}$  для трех значений противодействия ( $p_1, p_2, p_3$ ), принимая утечки пропорциональными противодействию.

### Исходные данные для выполнения работы.

Параметры	Вариант №														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Давление $p_1$ (МПа)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Давление $p_2$ (МПа)	5	7	6	5	8	5	8	8	4	5	7	3	8	4	7
Давление $p_3$ (МПа)	7	10	8	7	10	6	10	9	6	8	9	5	10	6	9
Коэффициент пропорциональности $k$ л/(с×Па)	$0.5 \times 10^{-8}$														
Частота вращения $n$ (мин <sup>-1</sup> )	1100	1440	1500	1200	1150	1250	1550	1350	1100	1650	1200	1150	1400	1300	1050
Модуль зубьев $m$ (мм)	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	4	3	5	6	7	8

### Краткие теоретические сведения

Шестеренные насосы, в силу простоты конструкции получили широкое распространение в гидравлических приводах. Шестеренным называется роторный насос с рабочими звеньями в виде шестерен (зубчатых колес), обеспечивающих геометрическое замыкание рабочих камер и передающих вращающий момент.

На рис.1 показана конструкция шестеренного насоса. В расточках корпуса 2 размещены ведущая шестерня 1 и ведомая 3, находящиеся в зацеплении. Шестерни имеют одинаковые модули и число зубьев. Корпус является статором, ведущая шестерня ротором, а ведомая - замыкателем. В насосе имеются вал 7, ось 6 и боковые крышки 4 и 5. Рабочие камеры образуются рабочими поверхностями корпуса, двух боковых крышек и зубьев шестерен. Корпус 2 имеет полость всасывания А и нагнетания Б.

Принцип работы шестеренного насоса следующий. В насосе полость всасывания расположена с той стороны, где зубья шестерен выходят из зацепления. При вращении вала и ведущей шестерни, например по часовой стрелке, в полости всасывания А создается разрежение, так как при выходе из зацепления зубьев шестерен объем полости увеличивается. Под действием перепада давлений рабочая жидкость заполняет освободившееся пространство в полости А. Так происходит процесс всасывания. После этого каждая из шестерен перемещает в противоположных кольцевых направлениях рабочую жидкость, находящуюся во впадинах зубьев, из полости А в

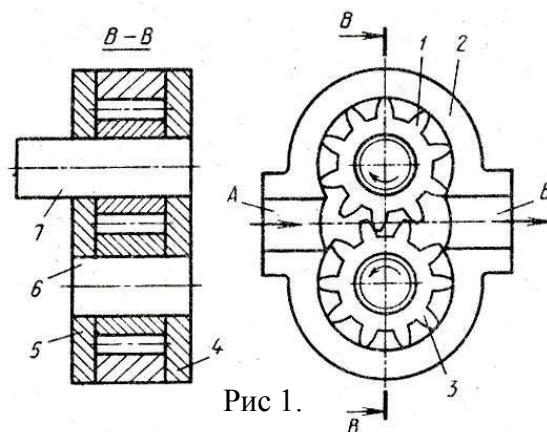


Рис 1.

полость Б. Происходит процесс вытеснения (нагнетания), при котором встречные объемы жидкости сначала соединяются в полости Б, а затем жидкость вытесняется из полости Б на выход насоса зубьями шестерен, входящими в зацепление.

Рабочий объем шестеренного насоса

$$V_0 = \pi \times D_n \times h \times b = 2 \times \pi \times m^2 \times z \times b, \text{ (см}^3\text{)} \quad [1.\text{стр.65}]$$

где  $D_n$  – начальный диаметр шестерни;  $D_n = m \times z$ ;  $h$  – высота зуба;  $h = 2 \times m$ ;  $m$  – модуль зубьев;  $z$  – число зубьев шестерни;  $b$  – ширина венца шестерни.

Теоретическую подачу насоса (л/мин) определяют по формуле

$$Q_T = 10^{-3} \times V_0 \times n, \quad [1.\text{стр.60}]$$

где  $n$  – частота вращения – в об/мин.

Действительную подачу насоса (л/мин) определяют по формуле

$$Q = 10^{-3} \times V_0 \times n \times \eta_o, \quad [2.\text{стр.155}]$$

Где  $\eta_o$  – объемный КПД,  $\eta_o = 0.70 \dots 0.95$ .

Опыт проектирования показывает, что число зубьев шестерен следует выбирать меньшим ( $z = 6 \dots 16$ ), а модуль большим (при этом значительно уменьшаются габариты насоса). Ширину венца шестерни обычно принимают равной  $b = (3 \dots 6) \times m$ .

Характеристикой роторных насосов является графическая зависимость основных технических показателей от давления при постоянных значениях частоты вращения, вязкости и плотности жидкой среды на входе в насос.

Для построения характеристики  $Q = f(p)$  используется следующая зависимость

$$Q = Q_T - k \times p, \quad [2.\text{стр.160}]$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $p$  – противодействие.

### Методика выполнения работы

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия шестеренного насоса;
2. По исходным данным определить значения подачи насоса ( $Q$ ) при трех значениях противодействия ( $p$ );
3. Построить характеристику насоса  $Q = f(p)$  (по оси абсцисс откладываются значения давлений  $p$ , а по оси ординат – значения подачи насоса  $Q$ ).

### Содержание отчета:

1. Наименование практической работы, цель и задание с исходными данными;
2. Эскиз шестеренного насоса;
3. Краткое описание устройства и принципа работы насоса;
4. Результаты расчета подачи  $Q$  при трех значениях противодействия  $p$ ;
5. Характеристика насоса  $Q = f(p)$ ;
6. Вывод.

### Контрольные вопросы.

1. Что называют шестеренным насосом?
2. Что представляет собой рабочая камера шестеренного насоса?
3. Почему, как вы думаете, шестеренные насосы получили широкое распространение в гидроприводе?
4. Что называют характеристикой насоса?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: « Гидродвигатели»

**Цель занятия** – изучение устройства и принципа действия гидроцилиндра и расчет его основных рабочих параметров.

### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия поршневого гидроцилиндра двустороннего действия;
2. Провести расчет основных рабочих параметров поршневого гидроцилиндра:
  - а) диаметра поршня  $D$  (мм)
  - б) диаметра штока  $d$  (мм)
  - в) толщины стенки цилиндра  $\delta_{ст.}$  (мм)
  - г) необходимый расход жидкости  $Q$  (л/мин)
  - д) номинальную мощность гидроцилиндра при статической нагрузке  $N$  (кВт)

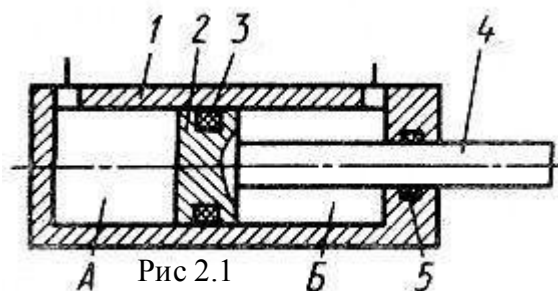
### Исходные данные для выполнения работы.

Параметры	Вариант №														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Статическая Нагрузка, кН.	7.75	12.07	18.8	23.7	31.0	39.2	45.5	58.6	75.8	12.3	19.2	30.6	37.7	49.3	62.3
Скорость прямого хода поршня, м/с.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Скорость обратного хода поршня, м/с.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Максимальное давление в напорной линии, МПа.	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
КПД гидроцилиндра	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Допускаемое напряжение растяжения материала цилиндра, МПа.	320	360	1100	540	320	360	1100	540	320	360	1100	540	320	360	1100

### Краткие теоретические сведения

Гидроцилиндром называют объемный гидродвигатель с ограниченным возвратно- поступательным движением выходного звена. В зависимости от конструкции рабочей камеры гидроцилиндры разделяют на поршневые, плунжерные, телескопические, мембранные и сильфонные. Наибольшее применение в объемных гидроприводах получили поршневые цилиндры благодаря простой конструкции и высокой надежности.

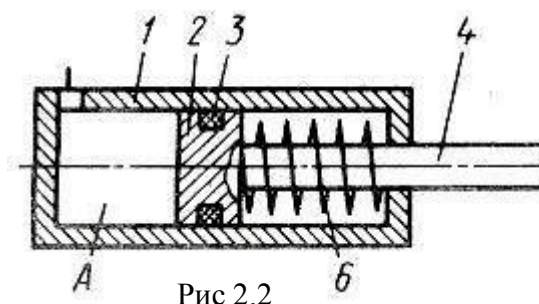
Поршневым называют гидроцилиндр, в котором рабочие камеры образованы рабочими поверхностями корпуса и поршня со штоком (рис.2.1). В цилиндрической расточке корпуса 1 находится поршень 2, жестко соединенный со штоком 4. Цилиндр имеет две полости: поршневую А- часть рабочей камеры, ограниченную рабочими поверхностями корпуса и поршня, и штоковую Б- часть рабочей камеры, ограниченную рабочими поверхностями корпуса, поршня и штока. Для герметизации подвижных соединений в цилиндре установлены уплотнительные кольца 3 и 5.



Принцип работы поршневого гидроцилиндра двустороннего действия следующий. При соединении поршневой полости А с напорной линией поршень 2 со штоком 4 под действием силы давления рабочей жидкости перемещается вправо. При этом одновременно происходит вытеснение рабочей жидкости из штоковой полости Б. При подводе рабочей жидкости под давлением в полость Б поршень со штоком под действием силы давления перемещается в противоположном направлении.

Поршневые цилиндры разделяют по направлению действия рабочей жидкости - на цилиндры одностороннего и двустороннего действия.

В цилиндре одностороннего действия (рис.2.2) шток расположен с одной стороны поршня. Имеется лишь одна поршневая полость А, и движение штока под действием давления рабочей жидкости возможно только в одном направлении. В обратном направлении поршень со штоком перемещается под действием внешних сил, например, силы пружины 6, силы тяжести и т.д. В цилиндрах двустороннего действия (рис.2.1) имеются две рабочие полости: поршневая А и штоковая Б. Движение штока под действием давления рабочей жидкости возможно в двух направлениях.



### Расчет основных параметров.

Рабочие площади  $S_{п}$  ( $m^2$ ) поршней цилиндров определяются по формулам:

- со стороны поршневой полости для цилиндров с односторонним штоком (см. рис.1 и рис.2)

$$S_{п} = \pi \times D^2 / 4; [1.стр.86]$$

- со стороны штоковой полости для цилиндров с односторонним штоком

$$S_{2п} = \pi \times (D^2 - d^2) / 4, [1.стр.8]$$

где  $D$  – диаметр поршня;  $d$  – диаметр штока.

Теоретическое усилие ( $H$ ) на штоке без учета сил трения и инерции

$$F = p_{ном} \times S_{п}, [1.стр.87]$$

где  $p_{ном}$  – номинальное давление, Па (максимальное давление в гидроцилиндре).

При работе цилиндра на штоке развивается сила  $F_{факт}$ , которая преодолевает статическую (теоретическую) нагрузку  $F_{ст}$ , силу трения в конструктивных элементах  $F_{тр}$  и силу инерции  $F_{ин}$ :

$$F_{факт} = F_{ст} + F_{тр} + F_{ин}. [1.стр.87]$$

Сила трения зависит от вида уплотнения. Для цилиндра с резиновыми уплотнениями

$$F_{тр} = f \times \pi \times D \times b \times z \times \sigma_{н} [1.стр.87]$$

где  $f$ - коэффициент трения скольжения ( $f = 0.1 \dots 0.2$ );  $b$  – ширина контактного пояса уплотнения;  $\sigma_{н}$  – контактное напряжение;  $z$  – число колец.

Сила инерции движущихся частей возникает при ускорении и замедлении движения штока. В общем случае

$$F_{ин} = m \times a [1.стр.87]$$

где  $m$ - масса движущихся частей, приведенная к штоку, включая массу рабочей жидкости;  $a$  - ускорение.

При равномерном движении штока цилиндра сила инерции равна нулю.

Фактическое усилие на штоке цилиндра

$$F_{\text{факт}} = F \times \eta_{\text{мех}}, \quad [1. \text{стр.} 87]$$

где  $F$  – теоретическое усилие;  $\eta_{\text{мех}}$  – механический КПД ( $\eta_{\text{мех}} = 0.85 \dots 0.95$ ).

Расчетную скорость  $v$  (м/с) штока без учета утечек рабочей жидкости определяют по формуле

$$v = Q/S_{\text{п}} = 4 \times Q / (\pi \times D^2), \quad [1. \text{стр.} 87]$$

где  $Q$  – расход рабочей жидкости, м<sup>3</sup>/с.

В цилиндре двустороннего действия с односторонним штоком скорости движения при прямом (индекс1) и обратном (индекс2) ходах при постоянстве расходов различны:

$$v_1 = Q/S_{\text{п}} = 4 \times Q / (\pi \times D^2); \quad [1. \text{стр.} 87] \quad v_2 = Q/S_{2\text{п}} = 4 \times Q / \pi \times (D^2 - d^2) \quad [1. \text{стр.} 87]$$

Вполне очевидно неравенство  $v_2 > v_1$ .

Теоретическая мощность (Вт) цилиндра

$$N_{\text{т}} = p_{\text{ном}} \times S_{\text{п}} \times v, \quad [1. \text{стр.} 88]$$

где  $v$  – скорость штока, м/с.

Потери мощности на преодоление сил трения

$$N_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \times v. \quad [1. \text{стр.} 88]$$

Номинальная мощность гидроцилиндра

$$N = N_{\text{т}} - N_{\text{тр}}, \quad [1. \text{стр.} 88]$$

а, КПД

$$\eta = N/N_{\text{т}} = 1 - F_{\text{тр}}/F. \quad [1. \text{стр.} 88]$$

Толщину стенки цилиндра определяют по формуле

$$\delta_{\text{с}} = D/2 \times \left( \sqrt{\frac{[\sigma] + p}{[\sigma] - p}} - 1 \right), \quad [1. \text{стр.} 88]$$

где  $D$  – внутренний диаметр цилиндра;  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение растяжения материала цилиндра, Па;  $p = 1.2 \times p_{\text{max}}$  – расчетное давление, Па (здесь  $p_{\text{max}}$  – максимальное давление, Па).

### Методика выполнения работы

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия поршневого гидроцилиндра двустороннего действия;
2. Ознакомиться с расчетом основных параметров гидроцилиндра;
3. По исходным данным определить параметры гидроцилиндра указанные в задании.

### Содержание отчета:

1. Наименование практической работы, цель и задание с исходными данными;
2. Эскиз поршневого гидроцилиндра двустороннего действия;
3. Краткое описание устройства и принципа работы поршневого гидроцилиндра двустороннего действия;
4. Результаты расчета параметров гидроцилиндра (рассчитанные диаметр поршня  $D$  и диаметр штока  $d$  округлить по ряду номинальных диаметров, указанных в справочных данных).

### Контрольные вопросы

1. Что называется гидроцилиндром?
2. Какие существуют разновидности гидроцилиндров?
3. Что представляет собой рабочая камера гидроцилиндра?
4. Что называют расходом рабочей жидкости

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: « Гидродроссели»

**Цель занятия** – изучение устройства и принципа действия гидродросселя и расчет его основных рабочих параметров.

### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия нелинейного дросселя;
2. Определить время  $T$ (с) полного хода поршня гидроцилиндра, регулируемого с помощью нелинейного дросселя (потерями давления в гидрролинии между дросселем и гидроцилиндром пренебречь).

### Исходные данные для выполнения работы

Исходные параметры	Вариант №														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Площадь проходного сечения $S_{др}$ (мм)	40	30	60	20	35	70	55	20	30	60	25	35	40	45	50
Диаметр поршня гидроцилиндра $D$ (мм)	80	63	100	50	40	110	50	100	63	80	100	80	80	63	140
Ход поршня $h$ (мм)	360	250	320	125	110	280	100	80	180	250	200	80	320	140	320
Усилие на штоке гидроцилиндра $R$ (кН)	4	6	8	3	2	8	4	9	4	6	10	12	8	4	20
Давление перед дросселем $p_1$ (МПа)	1.3	2.5	3.1	1.6	2.5	1.0	6.3	2.5	1.8	1.4	2.5	4.0	2.0	2.5	6.3
Рабочая жидкость	И-5А	И-8А	И-12А	И-25А	И-30А	И-40А	И-70А	И-100А	АМГ-10	ТП-22	ТП-30	ТП-46	АУ	ТП-57	И-50А

### Краткие теоретические сведения

Гидродроссель-это гидроаппарат управления расходом, предназначенный для создания сопротивления потоку рабочей жидкости. Он представляет собой местное сопротивление с наперед заданными характеристиками, что обеспечивает поддержание желаемого перепада давления при определенном расходе рабочей жидкости.

Различают линейные дроссели (вязкостного сопротивления) и нелинейные. В первых потери давления определяются, в основном, трением жидкости в канале, имеющем достаточно большую длину (рис.3.1).

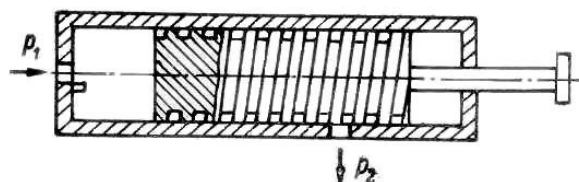


Рис 3.1.

При этом устанавливается ламинарный режим течения и перепад давления прямо пропорционален скорости течения в первой степени. Расход через дроссель в этом случае определяют по формуле:

$$Q = \frac{\pi \times d^4}{128 \times \nu \times l \times \rho} \times \Delta p_{др} \quad [2.стр.168]$$

где  $l$  и  $d$  – длина и диаметр канала дросселя;  $\nu$  - кинематическая вязкость;  $\rho$  - плотность жидкости;  $\Delta p_{др} = p_1 - p_2$  - перепад давлений на дросселе;  $p_1$  и  $p_2$  - давление до и после дросселя.

В нелинейных дросселях потери давления обусловлены отрывом потока от стенок и вихреобразованием. Наиболее распространенными из них являются квадратичные дроссели, потери давления в которых прямо пропорциональны квадрату расхода:

$$Q = \mu \times S_{др} \times \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \Delta p_{др}} \quad [2.стр.168]$$

где  $\mu$  - коэффициент расхода, равный для щелевых дросселей 0.64...0.70, для игольчатых 0.75...0.80;  $S_{др}$  - площадь проходного сечения дросселя.

Квадратичный дроссель (рис.3.2) представляет собой диафрагму 2, встроенную в трубопровод 3, сечение которой изменяется перемещением иглы 1. (длина отверстия в диафрагме  $l$  составляет 0.2...0.5 мм.). При этом изменяется и количество протекающей через дроссель жидкости.

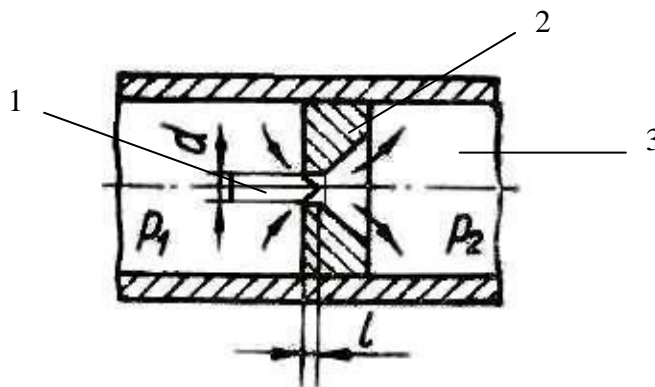


Рис 3.2.

### Методика выполнения работы

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия нелинейного дросселя;
2. Ознакомиться с расчетом одного из основных параметров гидродросселя – номинальным расходом  $Q$ ;
3. По исходным данным определить время  $T$  полного хода поршня гидроцилиндра, регулируемого с помощью нелинейного дросселя (время полного хода поршня определяется соотношением  $T = h/v_{п}$ , где  $v_{п}$  – скорость перемещения поршня).

#### **Содержание отчета:**

1. Наименование практической работы, цель и задание с исходными данными;
2. Эскиз нелинейного гидродросселя;
3. Краткое описание устройства и принципа работы нелинейного гидродросселя;
4. Результаты расчета.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Что называется гидродросселем?
2. Какие существуют разновидности гидродросселей?
3. Что называют потоком рабочей жидкости?
4. Что представляет собой ламинарный и турбулентный режим течения жидкости?



**Цель занятия** – изучение устройства и принципа действия гидроклапана давления и расчет его основных рабочих параметров.

### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия гидроклапана давления;
2. Определить усилие пружины  $F_0$  в момент открытия предохранительного гидроклапана давления и величину подъема конуса  $z$ , необходимую для пропуска заданного расхода рабочей жидкости.

### Исходные данные для выполнения работы

Исходные параметры	Вариант №														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Расход жидкости $Q$ (л/с)	0.4	0.8	0.2	1.2	0.5	0.3	0.25	0.4	0.12	0.18	0.8	0.65	0.35	1.0	0.2
Давление на входе $P_1$ (МПа)	10.0	6.0	4.0	8.0	5.0	10.0	4.0	6.0	10.0	8.0	6.0	10.0	4.0	8.0	10.0
Рабочая жидкость	И-12А	АУ	ТП-22	И-5А	И-8А	И-40А	И-25А	И-50А	И-5А	И-30А	И-100А	ТП-30	ТП-46	ТП-57	АМГ-10

### Краткие теоретические сведения

Гидроклапан – это гидроаппарат, в котором размеры рабочего проходного сечения изменяются от воздействия потока рабочей жидкости. Гидроклапаны бывают регулирующие и направляющие. Гидроклапан давления – это регулирующий гидроаппарат, предназначенный, для управления давлением рабочей жидкости.

Напорный гидроклапан – это гидроклапан давления, предназначенный для ограничения давления в подводимом к нему потоке жидкости. Запорно-регулирующий элемент напорных гидроклапанов бывает шариковый, конический, золотниковый.

При небольших расходе жидкости и давлений применяют предохранительные клапаны прямого действия (рис. 4.1). При повышении давления в гидросистеме рабочая жидкость действует на запорно-регулирующий элемент 3 (конус), отжимая его вверх и преодолевая при этом усилия пружины 2, которая регулируется ввертной пробкой 1. При этом жидкость через образовавшуюся щель между элементом 3 и гильзой 4 сливается в гидробак. Из-за дросселирования потока в щели давление в напорной гидрролинии поддерживается постоянным.

Расход жидкости, проходящей через щель напорного гидроклапана определяется по формуле:

$$Q = \mu \times S_{\text{кл}} \times \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \Delta p_{\text{к}}}, \quad [2.\text{стр.168}]$$

где  $\mu = 0.62 \dots 0.70$  – коэффициент расхода;  $S_{\text{кл}}$  – площадь щели клапана;  $\Delta p_{\text{к}} = p_1 - p_2$  – перепад давления в клапане;  $p_1$  и  $p_2$  – давления на входе и на выходе из клапана.

Для предохранительных клапанов (рис 4.1):

$$S_{\text{кл}} = \pi \times d \times z \times \sin \beta, \quad [2.\text{стр.168}]$$

где  $d$  – диаметр входного канала;  $z$  – высота подъема запорно-регулирующего элемента;  $\beta$  – половина

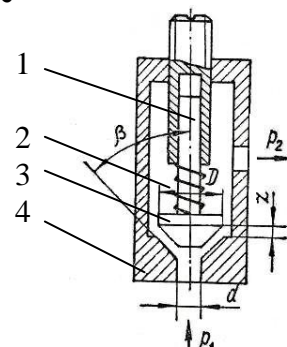


Рис 4.1

угла конуса, причем

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}, \text{ [2.стр.168]}$$

где скорость  $v$  во входном канале, которая обычно не превышает 15 м/с, и лишь при давлениях свыше 20 МПа ее допустимое значение 30 м/с.

Равновесие запорно-регулирующего элемента клапана в момент начала открытия характеризуется равенством:

$$F_0 = p_{\text{к0}} \times S_{\text{окп}} = c \times z_0, \text{ [2. стр.169]}$$

где  $F_0$  – усилие пружины в момент открытия клапана;  $c$  – жесткость пружины;  $z_0$  – предварительная деформация пружины;  $p_{\text{к0}}$  – давление открытия клапана;  $S_{\text{окп}}$  – площадь входного канала клапана.

При установившемся движении жидкости через щель открытого клапана (рис 4.2) равновесие его запорно-регулирующего элемента выражается уравнением:

$$F_{\text{п}} = c \times (z_0 + z) - p_{\text{к}} \times S_{\text{кл}} - F_{\text{в}} - F_{\text{с}}, \text{ [2. стр.169]}$$

где  $F_{\text{в}}$  – уменьшение силы из-за движения потока в зоне щели, приблизительно определяемое по формуле:

$$F_{\text{в}} = \rho \times Q \times v_{\text{щ}} \times \cos \beta, \text{ [2. стр.169]}$$

$v_{\text{щ}}$  – скорость жидкости в щели;  $Q$  – расход;  $F_{\text{с}}$  – увеличение силы в результате натекания потока со стороны седла

$$F_{\text{с}} = \rho \times Q \times v, \text{ [2. стр.169]}$$

$v$  – скорость жидкости во входном канале клапана.

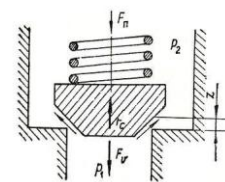


Рис 4.2

### Методика выполнения работы

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия гидроклапана давления;
2. Ознакомиться с расчетом основных параметров гидроклапана давления;
3. По исходным данным определить усилие пружины в момент открытия предохранительного клапана, величину подъема конуса  $z$ , необходимую для пропуска заданного расхода рабочей жидкости (угол  $\beta$  принять равным  $90^\circ$  и давление на выходе  $p_2$  принять равным  $0.1 \times p_1$ ).

### Содержание отчета:

1. Наименование практической работы, цель и задание с исходными данными;
2. Эскиз предохранительного гидроклапана давления;
3. Краткое описание устройства и принципа работы предохранительного клапана;
4. Результаты расчета.

### Контрольные вопросы.

1. Что называется гидроклапаном?
2. Для чего предназначены напорные клапаны?
3. Что называют запорно-регулирующим элементом гидроаппарата?
4. Что используется в качестве запорно-регулирующего элемента в гидроклапане давления?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

### Тема: «Гидрораспределители»

**Цель занятия** – изучение устройства и принципа действия золотникового гидрораспределителя и расчет его основных параметров.

### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия золотникового гидрораспределителя;
2. Определить перестановочную силу  $F_3$ , приложенную к золотнику четырехлинейного распределителя в момент открытия щели при равномерном движении золотника.

#### Исходные данные для выполнения работы

Исходные параметры	Вариант №														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ширина рабочей щели $x$ (мм)	2.0	3.0	4.0	2.0	4.0	3.0	1.5	2.5	3.5	4.0	2.0	4.0	2.0	2.5	3.5
Скорость движения золотника $v_3$ (мм/с)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Перепад давления $\Delta p_3$ (МПа)	1.0	0.5	0.3	0.4	0.6	0.7	0.1	0.6	0.4	0.8	0.2	0.35	0.45	0.6	0.8
Диаметр золотника $D$ (мм)	20	30	15	10	20	40	15	30	25	15	20	10	30	40	20
Рабочая жидкость	И-12А	АУ	ТП-22	И-5А	И-8А	И-40А	И-25А	И-50А	И-5А	И-30А	И-100А	ТП-30	ТП-46	ТП-57	АМГ-10

#### Краткие теоретические сведения

Гидрораспределитель – это направляющий гидроаппарат, предназначенный для управления пуском, остановкой и направлением потока рабочей жидкости в двух или более гидролиниях в зависимости от внешнего управляющего воздействия. Наибольшее распространение в технике получили золотниковые распределители, в котором запорно-регулирующим элементом является золотник 7, который, перемещаясь возвратно-поступательно открывает или перекрывает каналы движения жидкости.

В золотниковый, например четырехлинейный, распределитель жидкость поступает от насоса через ок-

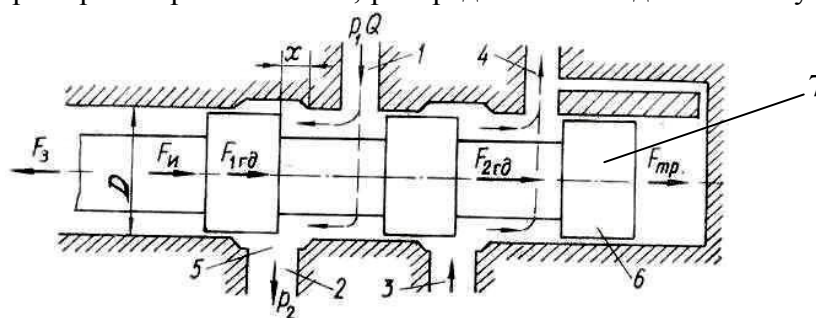


Рис 5.1

но 1, а из распределителя она направляется через окно 2 к гидродвигателю (рис 5.1). Слив жидкости из гидродвигателя также осуществляется через золотник – через окна 3 и 4.

При установившемся режиме расход жидкости через золотник определяется:

$$Q = \mu \times S_3 \times \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \Delta p_3}, \quad [2. \text{ стр.169}]$$

где  $\mu = 0.60 \dots 0.75$  – коэффициент расхода;  $S_3 = \pi \times D \times x$  – площадь неперекрываемого переходного сечения золотника ( $D$  – диаметр золотника,  $x$  – ширина рабочей щели перекрываемого канала);  $\Delta p_3 = p_1 - p_2$  – перепад давления в золотнике;  $p_1$  и  $p_2$  – давления на входе и на выходе из золотника.

Осевая сила, необходимая для перестановки золотника (в отсутствие пружинного возврата), определяется выражением:

$$F_3 = F_{\text{и}} + F_{\text{гд}} + F_{\text{тр}}, \quad [2.\text{стр. } 170]$$

где  $F_{\text{и}}$  – сила инерции;  $F_{\text{гд}}$  – осевая гидродинамическая сила;  $F_{\text{тр}}$  – сила трения, равная сумме сил трения покоя и движения со смазкой  $F_{\text{тр.с}}$ , причем по экспериментальным данным сила трения покоя составляет примерно  $(0.23 \dots 0.34) F_3$ , а сила трения в движении со смазкой

$$F_{\text{тр.с}} = \rho \times v \times S_3 \times v_3 / \delta, \quad [2.\text{стр. } 170]$$

где  $v$  – кинематическая вязкость;  $\rho$  – плотность жидкости;  $v_3$  – скорость движения золотника;  $S_3$  – площадь щели, перекрываемой золотником;  $\delta$  – радиальный зазор между плунжером и корпусом распределителя ( $\delta = 0.03 \dots 0.05$  мм).

При пропуске жидкости через золотниковый распределитель возникают осевые гидродинамические силы. Одна из них  $F_{1\text{гд}}$  появляется вследствие снижения давления в области кромок выходной щели 5 (рис 5.1), а другая  $F_{2\text{гд}}$  – в результате натекания потока на торец сливной кромки 6. Поскольку эти силы действуют в одну сторону, противоположную перестановочной силе  $F_3$ , их определяют суммарно. Например, для четырехлинейного распределителя

$$F_{\text{гд}} = F_{1\text{гд}} + F_{2\text{гд}} = 2 \times Q \times \cos \alpha \times \sqrt{\rho \times \Delta p_3}, \quad [2.\text{стр. } 170]$$

где  $Q$  – расход жидкости;  $\rho$  – ее плотность;  $\Delta p_3$  – перепад давления в золотнике;  $\alpha$  – угол наклона потока относительно оси золотника при вытекании из выточки (согласно теоретическим исследованиям  $\alpha \approx 69^\circ$ ).

Сила инерции зависит от ускорения  $a$  и приведенной массы  $m$  золотника и связанных с ним деталей

$$F_{\text{и}} = m \times a. \quad [2.\text{стр. } 170]$$

### Методика выполнения работы

При проведении работы необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия золотникового гидрораспределителя;
2. Ознакомиться с расчетом основных параметров гидрораспределителя;
3. По исходным данным определить перестановочную силу, приложенную к золотнику четырехлинейного распределителя в момент открытия щели при равномерном движении золотника (силу трения покоя и силу инерции принять равным нулю).

### Содержание отчета:

1. Наименование практической работы, цель и задание с исходными данными;
2. Эскиз четырехлинейного гидрораспределителя;
3. Краткое описание устройства и принципа работы гидрораспределителя;
4. Результаты расчета.

### Контрольные вопросы.

1. Что называют гидрораспределителем?
2. Что называют установившимся движением жидкости?
3. Что указывается в условном обозначении гидрораспределителя?
4. Какие виды управления гидрораспределителями вы знаете?

### СПАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

### Физические свойства рабочих жидкостей

Рабочая жид- кость	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Вязкость 10 <sup>-4</sup> м <sup>2</sup> /с	Рабочая жид- кость	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Вязкость 10 <sup>-4</sup> м <sup>2</sup> /с
И-5А	890	0.04-0.05	И-100А	920	0.90-1.18
И-8А	900	0.06-0.08	АМГ-10	850	0.13
И-12А	880	0.10-0.12	ТП-22	900	0.20-0.24
И-25А	890	0.24-0.27	ТП-30	900	0.28-0.32
И-30А	890	0.28-0.33	ТП-46	900	0.44-0.48
И-40А	895	0.35-0.45	ТП-57	920	0.55-0.59
И-50А	910	0.47-0.55	АУ	890-900	0.036
И-70А	910	0.65-0.75			

#### РЯД НОМИНАЛЬНЫХ ДИАМЕТРОВ ПОРШНЕЙ И ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ (мм.)

1; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; (14); 16; (18); 20; (22); 25; (28); 32; (36); 40; (45); 50; (56); 63; (70); 80; (90); 100; (110); 125; (140); 160; (180); 200; (220); 250; (280); 320; (360); 400; (450); 500; (560); 630; (710); 800; (900); 1000.

**Список литературы**

1. К.М.Холин., О.Ф. Никитин. Основы гидравлики и объемные гидроприводы-М.: Машиностроение, 1989.
2. В.В. Вакина., И.Д. Денисенко., А.Л.Столяров. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов. – Киев.: Высшая школа, 1987.
3. Станочные гидроприводы: Справочник. Под ред. В.К. Свешников., А.А. Усов.- М.:Машиностроение, 1982

## Приложение.

### Пример выполнения практической работы.

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

##### Тема: «Роторные насосы»

**Цель занятия** - изучение устройства и принципа действия шестеренного насоса и построение одной из его характеристик.

##### Задание

1. Изучить устройство и принцип действия шестеренного насоса.
2. Построить графическую зависимость подачи шестеренного насоса  $Q$  от давления  $p$  ( $Q = f(p)$ ), при постоянной частоте вращения  $n = \text{const}$  для трех значений противодействия ( $p_1, p_2, p_3$ ), принимая утечки пропорциональными противодействию.

##### Исходные данные для выполнения работы.

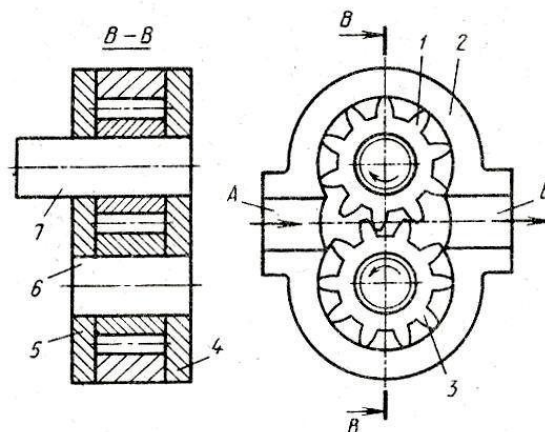
###### Вариант №1

Давление $p_1$ (МПа)	Давление $p_2$ (МПа)	Давление $p_3$ (МПа)	Коэффициент пропорциональности $k$ л/(с×Па)	Частота вращения $n$ (мин <sup>-1</sup> )	Модуль зубьев $m$ (мм)
0	10	20	$0.5 \times 10^{-8}$	1400	4

##### Конструкция и принцип действия шестеренного насоса

В расточках корпуса 2 размещены ведущая шестерня 1 и ведомая 3, находящиеся в зацеплении. Шестерни имеют одинаковые модули и число зубьев. Корпус является статором, ведущая шестерня ротором, а ведомая - замыкателем. В насосе имеются вал 7, ось 6 и боковые крышки 4 и 5. Рабочие камеры образуются рабочими поверхностями корпуса, двух боковых крышек и зубьев шестерен. Корпус 2 имеет полость всасывания А и нагнетания Б.

Принцип работы шестеренного насоса следующий. В насосе полость всасывания расположена с той стороны, где зубья шестерен выходят из зацепления. При вращении вала и ведущей шестерни, например по часовой стрелке, в полости всасывания А создается разрежение, так как при выходе из зацепления зубьев шестерен объем полости увеличивается. Под действием перепада давлений рабочая жидкость заполняет освободившееся пространство в полости А. Так происходит процесс всасывания. После этого каждая из шестерен перемещает в противоположных кольцевых направлениях рабочую жидкость, находящуюся во впадинах зубьев, из полости А в полость Б. Происходит процесс вытеснения(нагнетания), при котором встречные объемы жидкости сначала соединяются в полости Б, а затем жидкость вытесняется из полости Б на выход насоса зубьями шестерен, входящими в зацепление.



### Результаты расчета

Рабочий объем насоса (см<sup>3</sup>)

$$V_o = 2 \times \pi \times r^2 \times z \times b = 2 \times 3.14 \times 0.4^2 \times 10 \times 4 = 40 \text{ см}^3$$

Теоретическая подача насоса (л/с)

$$Q_T = 10^{-3} \times V_o \times n / 60 = 10^{-3} \times 40 \times 1440 / 60 = 0.96 \text{ л/с}$$

Действительная подача насоса

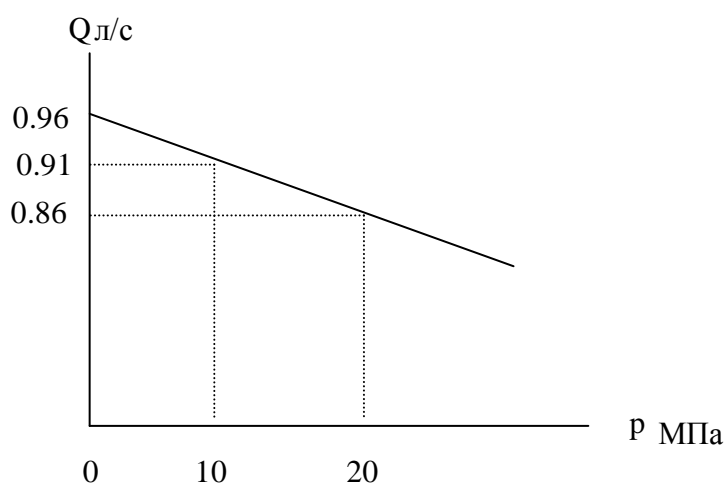
$$Q = Q_T - k \times p = 0.96 - 0.5 \times p$$

При  $p = 0$  МПа  $Q = 0.96 - 0.5 \times 10^{-8} \times 0 \times 10^6 = 0.96 \text{ л/с}$

При  $p = 10$  МПа  $Q = 0.96 - 0.5 \times 10^{-8} \times 10 \times 10^6 = 0.91 \text{ л/с}$

При  $p = 20$  МПа  $Q = 0.96 - 0.5 \times 10^{-8} \times 20 \times 10^6 = 0.86 \text{ л/с}$

### Характеристика насоса



**Вывод:** с увеличением давления на выходе из насоса его подача падает.